

La pédogénèse
dans les mangroves tropicales
Un exemple de chronoséquence

J. VIEILLEFON

Pédologue

Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar

13 / 0 / 770

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 327 B

La pédogénèse dans les mangroves tropicales

Un exemple de chronoséquence

J. VIEILLEFON

Pédologue

Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar

SOMMAIRE

Les sols développés sur les alluvions récentes déposées dans le milieu fluvio-marin sont marqués par leur origine.

La dynamique de la sédimentation induit des changements dans le complexe biologique, changements progressifs qui provoquent l'installation d'une séquence de sols liés principalement à leur ancienneté relative, d'où le terme de « chronoséquence ».

Dans cette séquence, on assiste aux influences alternatives de l'hydromorphie et de l'halomorphie, dans lesquelles le cycle du soufre revêt une importance particulière.

INTRODUCTION.

La mangrove, formation végétale caractéristique et complexe sédimentaire particulier des régions côtières de la zone intertropicale, couvre des centaines de milliers de kilomètres carrés en Afrique, en Amérique, en Asie, comme en Océanie.

Au Sénégal, dans la région Sud-Ouest de Casamance, il en existe environ 250.000 ha, et dans le Sine-Saloum, situé plus au nord, 150.000. Les sondages étudiés dans les zones plus septentrionales montrent que leur extension a été notablement plus vaste au cours du Quaternaire (ASSEMIEN, 1967).

Les sols de ces formations offrent de double intérêt :

- sur le plan pédologique, d'être un terrain favorable pour l'observation des processus de pédogénèse récents ou actuels ;
- sur le plan économique, de représenter une potentialité certaine de développement agricole, en particulier pour la riziculture.

Nous traiterons des mangroves d'Afrique Occidentale, et plus particulièrement du Sénégal, mais il faut noter que les observations pourront être souvent étendues aux formations analogues des côtes de l'Océan Atlantique, de l'Océan Indien ou de l'Océan Pacifique, mises à part certaines particularités liées aux climats ou à la composition des groupements végétaux, ou aux matériaux alluvionnés qui sont à l'origine des dépôts.

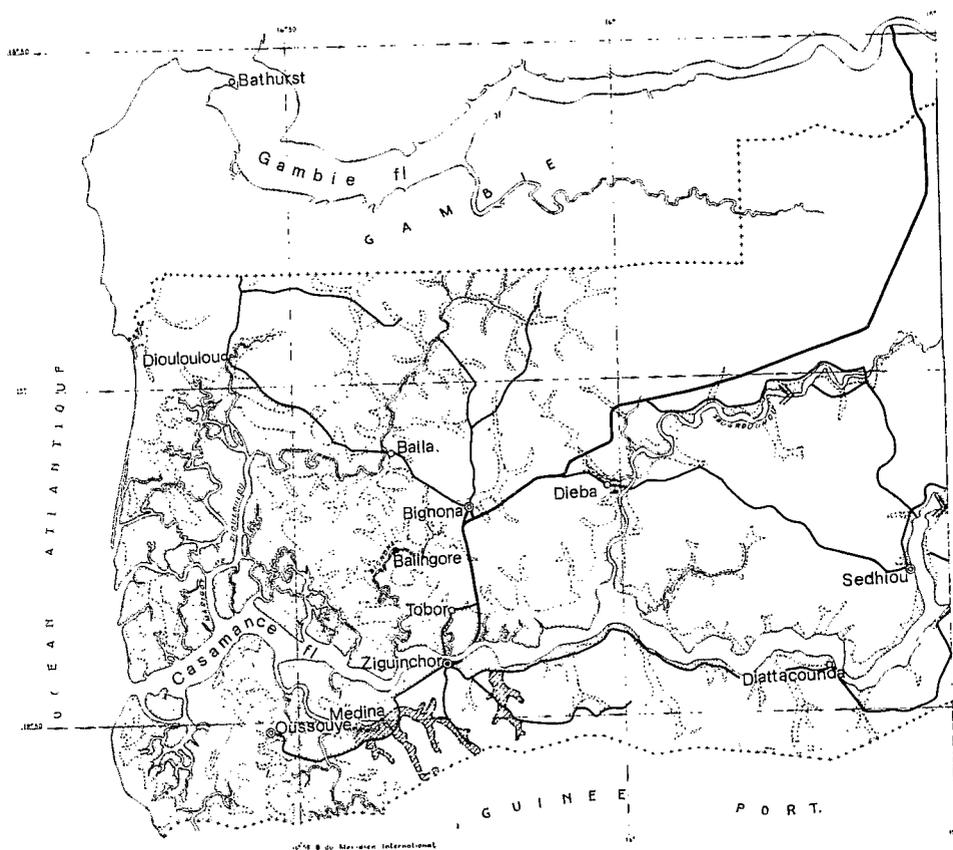


FIGURE I. — *Mangroves et tannes de Casamance*

- En pointillés : zone inondable (mangroves et tannes dominants) ;
- Double chevron : limite amont de la remontée des eaux salines en saison sèche ;
- Hachures : mangroves relictées.

DEFINITIONS.

Les mangroves sont des formations végétales arborées spécifiques des régions littorales à climat équatorial ou tropical humide ; elles peuvent cependant subsister à l'état de « reliques » en région plus sèche, tropicale sèche ou même semi-aride, attestant là un changement climatique récent.

Les régions à mangroves sont caractérisées par d'importants balancements de marées, permettant une alternance de submersion et de drainage, mais également par une certaine protection de la houle, permettant le dépôt des sédiments et l'installation de la végétation.

Les sols y sont récents, en cours d'évolution, et l'on peut y observer les différents stades de la pédogénèse précoce.

Les tannes (terme vernaculaire « oulof ») (1) sont des étendues sans végétation situées à l'arrière des mangroves, qui ne sont plus atteintes par la submersion quotidienne, sauf aux très grandes marées, mais subissent une alternance annuelle d'inondation et d'assèchement, que favorise le climat tropical alterné, saison sèche et saison des pluies (ou hivernage) étant nettement tranchées. Ils sont fréquents au Sénégal, mais plus rares en Sierra-Léone ou au Nigéria.

Les marais à halophytes qui sont mêlés aux tannes sans végétation, et caractérisés eux aussi par une submersion annuelle, leur sont assimilés.

I. — LE MILIEU NATUREL — ELEMENTS CARACTERISTIQUES DES MANGROVES.

La Casamance Maritime, située dans le quart sud-ouest du Sénégal, en bordure de l'Océan Atlantique, est une région privilégiée pour l'étude des mangroves, des tannes et de leurs sols. Les mangroves y sont très étendues et remontent jusqu'à près de 200 km de la mer, le long des deux cours d'eau qui drainent cette région, la Casamance et le Songrougrou (fig. 1).

Cette remarquable extension a été favorisée par l'histoire géomorphologique du bassin de la Casamance ; par ailleurs les matériaux déposés sont d'une grande homogénéité, et les conditions climatiques et hydrologiques particulières à cette région ont permis le développement des tannes.

A) GEOMORPHOLOGIE.

Les séries marines du Crétacé, de l'Eocène et du Miocène sont surmontées par des formations gréseuses, azoïques, considérées comme appartenant au Continental Terminal. Ces formations constituent des plateaux très largement découpés au Quaternaire, d'autant plus que l'on s'approche du rivage marin, et qui disparaissent à l'Ouest par un talus marqué d'affleurements de cuirasses ferrugineuses. Plus à l'Ouest commencent les dépôts récents d'origine marine.

La géomorphologie de la région de Basse-Casamance a été étudiée par P. MICHEL (1960). Cet auteur a distingué les dépôts sableux en terrasses qu'il attribue à une transgression « ouljienne », qui suivit le creusement des vallées des marigots lors d'une régression qui aurait ramené le niveau de la mer à —50 m (environ 15.000 ans BP), les dépôts argileux récents des vasières déposées à partir de 5.000 ans BP (MICHEL, 1968), et enfin les dépôts sableux des cordons littoraux subactuels et actuels.

On observe à l'amont des vallées colmatées, où le sable est moins trié et où les traces de colluvionnement sont nettes. Cependant, on n'y trouve jamais des dépôts sableux surmontant les dépôts argileux récents, comme à l'Ouest, sous les cordons littoraux. Par contre, il semble que le maximum de la transgression dite « nouakhotienne », pendant laquelle a débuté le dépôt des vases et argiles, soit marqué par endroits par une terrasse argileuse, analogue à un ancien schorre.

La morphologie actuelle de « slikke » (2) et « schorre » n'est pas aussi nette que dans les pays tempérés, on observe cependant de l'aval vers l'amont : d'abord les zones

(1) L'ethnie oulof est la plus importante du Sénégal.

(2) Slikke : étendue de vase nue, non ou peu colonisée par la végétation, recouverte quotidiennement par la marée.

schorre : dépôt couvert de végétation, submergé aux seules grandes marées.

à mangrove recouvertes à chaque marée, puis les zones plus ou moins dénudées recouvertes par les marées de vives eaux, puis par les seules grandes marées, enfin la zone de transition avec les sols du Continental Terminal, toujours sableuse et peuplée d'espèces végétales non halophiles.

Sur la face ouest des bas plateaux, les vallées colmatées sont presque entièrement sableuses, même près des marigots et sous la mangrove.

Les premières observations ont montré que si au voisinage de l'Océan, les différences d'altitude entre les terrasses « ouljiennes » et « nouakchottiennes » sont fortes (4 à 5 m), elles s'atténuent en remontant vers l'amont des cours d'eau, les niveaux sableux disparaissant même, alors que l'on trouve des dépôts argileux consolidés en amont de Sédhiou. P. MICHEL suggère qu'un affaissement de la partie orientale de la Basse-Casamance a pu jouer entre les deux phases transgressives.

Dans son étude du Rio Kapatchez, A. GUILCHER (1954) a également montré que les vasières à mangroves s'installent à l'abri des cordons littoraux édifiés sous l'influence de la dérive des courants. Ce même auteur a souligné la mobilité de ce milieu dans lequel on peut observer de véritables cycles d'envasement et de dévasement.

B) LE MATERIAU ORIGINEL.

Une récente mise au point de A. GUILCHER (1959) a montré que l'origine des vases marines ou mieux, fluvio-marines, est continentale, au moins dans les régions chaudes qui nous intéressent ici. Nous ne reviendrons pas sur les conditions de dépôt qui ont été analysées par cet auteur. Nous passerons rapidement en revue les principales caractéristiques de ces vases.

1° Nature des vases.

Les vases sont constituées de matériaux variés, tant par leurs dimensions granulométriques que par leur constitution minéralogique. C'est donc plus un état du matériau qu'un caractère pétrographique (DEBYSER, 1951).

Les matériaux apportés en suspension par les cours d'eau subissent, dans les estuaires comme dans la pleine mer, une importante homogénéisation. Le brassage par les courants de marée provoque un mélange intime des particules minérales amenées par les courants fluviaux et les particules organiques dont une grande partie proviendrait du plancton.

En Casamance, la granulométrie du sédiment est généralement fine, avec 60 à 70 % de particules inférieures à 2 microns.

2° Origine.

a) Influence du bassin versant.

Mis à part les matériaux grossiers que nous n'aborderont pas, les dépôts des vasières de Casamance sont caractérisés par une forte altération, la kaolinite y est le minéral presque exclusif, avec le quartz finement divisé. Le bassin versant est en effet constitué des seules formations du Continental Terminal qui ont subi une intense ferrallitisation avant leur dépôt. Dans d'autres régions de mangroves, où le socle ou des formations sédimentaires anciennes constituent les bassins versants, comme en Guyane ou à Madagascar par exemple (HERVIEU, 1966), d'autres minéraux accompagnent la kaolinite, cautionnant la notion d'héritage, qui semble également valable pour le bassin de la Casamance.

Il est intéressant de comparer les granulométries des sols que l'on trouve actuellement communément dans le bassin versant de la Casamance, avec celle des sédiments des mangroves (tableau 1).

TABLEAU I

Type	Argile	Limon	Sable fin	Sable grossier
1 (75 à 500 cm)	35 à 40 %	6 à 11 %	24 à 31 %	17 à 31 %
2	75 à 80 %	16 à 22 %	sables totaux : 3 à 8 %	

Granulométrie comparée des sols de plateau (1) et des mangroves (2)

Si les résultats semblent différents, il faut remarquer que dans le sol de plateau, l'argile granulométrique rentre pour une large part dans la constitution de pseudo-sables

(ou pseudo-particules) ainsi que l'a montré A. CHAUVEL (1966), mais aussi que les sables y sont fortement diaclasés. Le milieu réducteur de sédimentation est favorable à la destruction des pseudo-particules comme des assemblages quartzeux, ce qui est corroboré par le fait que le quartz forme jusqu'à 50 % des argiles granulométriques des mangroves. Ceci conduit à penser que les dépôts argileux se sont fait à partir d'une érosion de l'ensemble des sols de plateaux et non par un lessivage préférentiel de l'argile, correspondant à un appauvrissement par érosion sélective de l'argile granulométrique des horizons supérieurs des sols des plateaux (FAUCK, 1968).

C'est dans la nature de l'argile, presque uniquement kaolinitique (Strasbourg, 1966) (1), que se traduit l'influence de l'héritage du bassin versant (MILLOT, 1964). On trouve également du quartz dans la plupart des fractions granulométriques, ces grains de quartz sont généralement colorés par des oxydes de fer comme dans les sols qui recouvrent les plateaux.

b) Influence du milieu de sédimentation.

Les sédiments déposés sont riches en eau (100 à 150 % du poids sec), la teneur en eau serait liée d'une part à la granulométrie du sédiment, d'autre part à la nature et à la teneur en matière organique.

Par ailleurs, l'eau interstitielle du sédiment est salée, et reflèterait la salinité de l'eau du milieu au moment de la sédimentation.

3° Epaisseur.

L'abaissement du niveau marin qui a provoqué le creusement des vallées, aurait atteint moins 50 mètres par rapport au niveau marin actuel (FAURE, 1967). Des mesures de sondages électriques permettent d'apprécier à environ 30 mètres l'épaisseur des sédiments fins, même dans les petites vallées affluentes. Les carottages ont permis de reconnaître deux couches, mais il y en a certainement plusieurs qui correspondraient à différentes phases d'alluvionnement au Quaternaire.

C) LA PEDOGENESE INITIALE (diagénèse des géologues).

Au fur et à mesure que le dépôt se constitue, les matériaux subissent un certain nombre de transformations qui nous permettent de dire que la vase, dès après son dépôt, se comporte comme un sol.

Deux phénomènes vont jouer un rôle important, ce sont le tassement libre et l'état d'anaérobiose.

1° Tassement.

La première conséquence du tassement est une certaine diminution de la teneur en eau dans les couches situées immédiatement sous la surface du dépôt. Dans les vases nues de Casamance, elle passe de 180 à 200 % dans la couche de 0 à 20 cm, à 160 % de 20 à 40 cm et se stabilise à environ 155 % jusqu'à 1 mètre.

L'eau, ou plutôt la solution saline qui est ainsi expurgée du sédiment, en traverse les couches supérieures, et contribue ainsi à homogénéiser le sol en cours de formation.

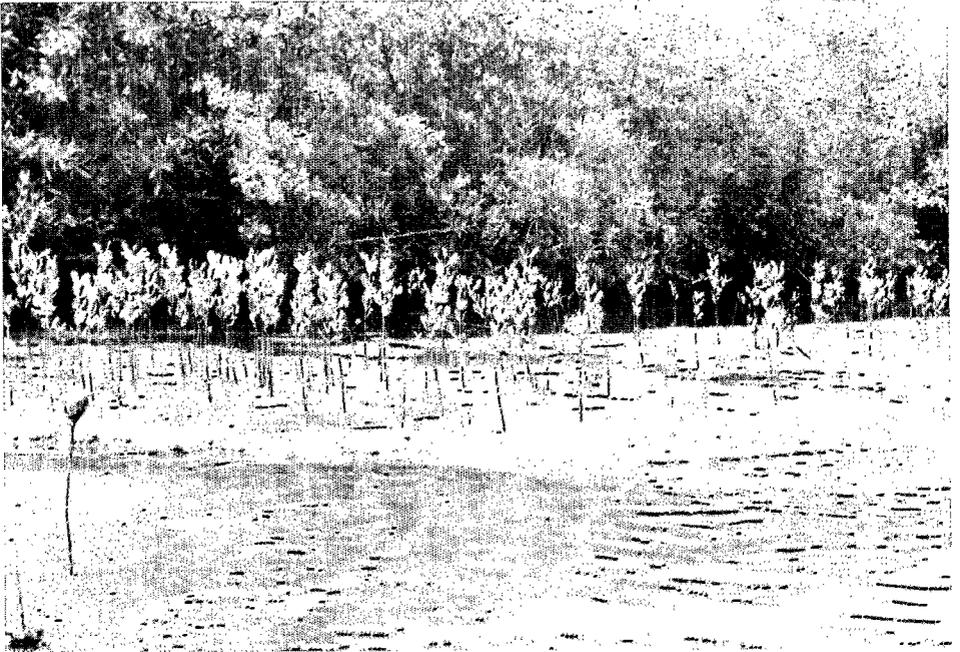
2° Anaérobiose.

Sous l'action de bactéries spécifiques comme *Sporovibrio desulfuricans* les sulfates de l'eau de mer sont réduits en ions sulfures SH^- et S^{2-} (WATTS, 1960) qui, se combinant au fer apporté dans la fraction minérale, donnent des sulfures de fer, de la pyrite. Le fer proviendrait des hydroxydes fixés sur les feuillettes argileux, tandis que les lits plus organiques seraient responsables de la production d'ions sulfure, les sulfures et poly-sulfures de fer se développeraient ainsi préférentiellement à l'interface. Il semble cependant que des phases d'oxydation soient nécessaires pour arriver au stade pyrite (BERNER, 1964).

Ces phénomènes ont d'autres conséquences sur l'eau interstitielle. En raison de son appauvrissement en ions SO_4 au profit d'ions S^{2-} et SH^- , donc en acide fort au profit d'acides faibles, l'eau interstitielle augmente sa réserve alcaline. D'autre part, une partie seulement du fer libéré des argiles serait consommée pour la production de polysulfures, une certaine proportion du reste serait solubilisée dans l'eau interstitielle, qui en contient de 0 à 10 ppm dans les mangroves à 50-300 ppm dans les tannes, tandis que la silice dissoute atteint 10 à 40 ppm.

(1) Kaolinite 8 - Illite 1 - Montmorillonite 1.

PLANCHE I



Semis d'Avicennia sur banc de vase nue. En arrière, Avicennia adultes bien développés



Formation à Rhizophora mangle près du marigot. Nombreux coquillages à la surface du sol très fibreux

Le milieu anaérobie se conservant dans le dépôt, un certain équilibre semble atteint dans le sédiment et sa solution. Le cycle du soufre est bloqué au stade sulfure, et si les microorganismes oxydants sont présents, ils semblent incapables d'agir.

D) LA COLONISATION PAR LA MANGROVE.

Quand le dépôt, par exhaussements successifs, arrive à dépasser l'altitude des basses mers, et donc subit une découverte de plus ou moins longue durée, les fruits flottants et souvent vivipares des palétuviers peuvent s'installer et contribuer petit à petit à la consolidation du dépôt en formant un écran à la circulation des « troubles ».

Envisageons tout d'abord les différentes espèces végétales présentes dans les mangroves.

1° Les arbres de la mangrove.

Cinq espèces d'arbres seulement entrent dans la composition des vastes peuplements de la mangrove d'Afrique de l'Ouest ; trois du genre *Rhizophora*, *R. Racemosa*, *R. Mangle* et *R. Harrisonii*, caractérisés par des racines échasses qui partent du tronc et des basses branches pour compléter l'ancrage de l'arbre, un enracinement profond et très dense de radicelles fibreuses, ainsi que par de remarquables fruits vivipares et flottants, susceptibles de donner de nouveaux arbres dès qu'ils sont en contact avec la vase stabilisée. Seul le *Rhizophora mangle* occupe de grandes surfaces.

Les *Rhizophoras* sont complétés par *Avicennia nitida* (= *germinans*) qui lui aussi est très largement répandu, et *Laguncularia racemosa*, que l'on rencontre surtout sur les vases récentes et dans les zones de mangroves en cours d'érosion. Les troncs des *Avicennias* sont entourés d'un tapis dense de racines aérifères, les pneumatophores, dont le sommet dépasse légèrement le niveau moyen des hautes eaux.

Il faut cependant noter une certaine convergence morphologique de ces différentes espèces, puisque les jeunes *Avicennias* présentent de petites racines échasses tandis que les *Laguncularias* ont quelques pneumatophores au début de leur croissance.

Si les mangroves de la côte Ouest comme de la côte Est de l'Océan Atlantique sont constituées de ces mêmes espèces, la flore des mangroves de l'Océan Indien est riche de plusieurs espèces supplémentaires, tandis que le genre *Rhizophora* n'est représenté que par une seule espèce. *Rhizophora* et *Avicennia* constituent pourtant les pôles principaux de ces peuplements.

2° Ecologie sommaire.

Les peuplements de *Rhizophoras* et d'*Avicennias* sont généralement nettement séparés, la zone de transition étant de faible largeur. Dans un peuplement « mûr », les *Avicennias* sont toujours plus éloignés des marigots et chenaux de marée que les *Rhizophoras*. Parmi ces derniers, c'est le *R. racemosa* que l'on trouve en bordure des chenaux voisins de l'estuaire et des marigots plus anciens où l'alluvionnement est interrompu. La formation à *R. racemosa* est de peu d'épaisseur mais très visible, même sur les photos aériennes, cette espèce étant la plus élevée.

En arrière, les *R. mangle* forment une large bande, dont la limite interne se situe à peu près à l'altitude moyenne des marées de vives eaux. S'y adjoignent quelques *R. Harrisonii*.

C'est plus en amont, sur la pente faible des dépôts vaseux que commencent les *Avicennias*, qui ne sont pas soumis toute l'année à des submersions quotidiennes, et peuvent supporter une salure plus élevée du substratum.

Par contre, lors de la colonisation de vases récentes, on trouve soit des *Rhizophoras mangle*, soit des *Avicennias*, parfois accompagnés de *Laguncularia*, jamais les deux premiers ensemble. L'*Avicennia* s'implanterait de préférence sur les vases peu consolidées, plus riches en eau, mais aussi plus largement découvertes à basse mer. Par contre, le *Rhizophora mangle* affectionnerait les sols plus stables mais supporterait une submersion plus importante.

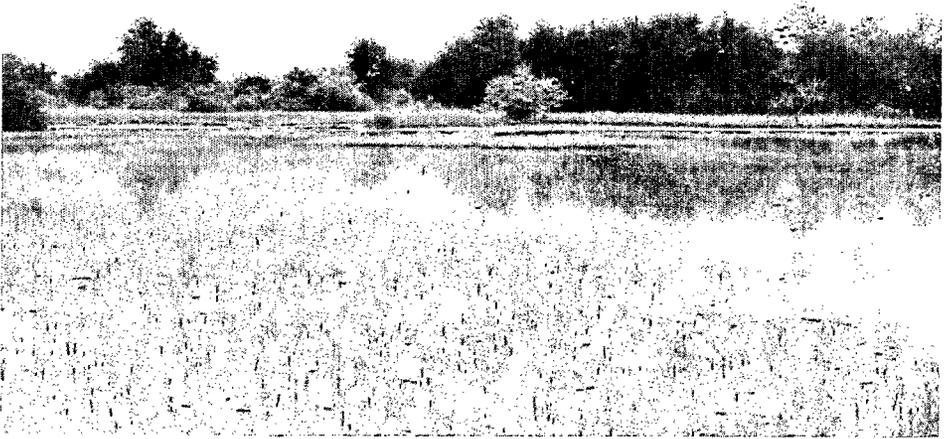
E) HYDROLOGIE.

Tous les cours d'eau de la zone qui nous intéresse en Casamance Maritime sont soumis aux mouvements des marées. Même pendant la saison des pluies, et malgré d'importants apports dus aux fréquentes averses, ces mouvements se propagent loin vers l'amont. On observe simplement de légères diminutions d'amplitude. En saison sèche,

PLANCHE II



Bande de grands Avicennia en bordure du tanne. Au premier plan le tanne vif couvert d'eau (hivernage)



Partie centrale du tanne (formation à Heliocharis). A l'arrière plan, la « lunette » et derrière, Avicennia

alors que l'écoulement en provenance des plateaux est pratiquement interrompu, la marée parcourt librement les marigots.

L'hivernage a surtout une influence sur la salinité des eaux qui se déplacent.

La figure 11 montre les variations de la salinité des marigots au cours de l'année, les pluies de l'hivernage provoquent une très forte et très rapide chute de la conductivité électrique. On remarque par ailleurs que la salinisation qui se produit en saison sèche est d'autant moins rapide et son terme moins élevé que l'on s'éloigne de l'embouchure. En effet, Medina est plus près de l'embouchure que Balingore.

F) INFLUENCE DU CLIMAT.

Le climat de la Casamance Maritime est du type soudano-guinéen (BRIGAUD, 1965) (ou sub-guinéen). Il se caractérise comme le climat soudanien par deux saisons sèche et pluvieuse très tranchées, mais avec des précipitations plus importantes et une humidité de l'air plus élevée. L'influence de la mer y est par ailleurs importante. Bignona, situé à 25 km au nord de Ziguinchor, se trouve à la limite du climat sub-guinéen et du climat soudanien, recevant moins de pluies et en un nombre de jours moins élevé.

Température.

A Ziguinchor les moyennes mensuelles et annuelles sont les suivantes :

J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
23°8	25°6	27°4	27°9	28°5	28°4	27°1	26°4	26°9	27°8	26°7	24°4	26°7

Hygrométrie.

Les maxima moyens de l'humidité relative se maintiennent toute l'année entre 90 et 100 % (99 % de juillet à novembre). Les minima ne sont pas inférieurs à 30 % et se situent autour de 70 % en hivernage.

Précipitations.

Le total des précipitations diminue quand on va de l'Ouest à l'Est, de Oussouye (1.787 mm) vers Ziguinchor (1.645 mm), et du Sud vers le Nord ou le Nord-Est, de Ziguinchor vers Bignona (1.430 mm) ou Sédhiou (1.422 mm) (figure III). Le mois d'août est le plus pluvieux, avec 34,4 % et 33,2 % des précipitations annuelles, respectivement pour Ziguinchor et Sédhiou.

Vents.

Les vents sont du secteur Nord-Est en saison sèche, du secteur Ouest en saison humide. Bien qu'ils ne soient jamais très violents, les vents de saison sèche, aidés de fréquentes trombes, peuvent occasionner une importante déflation dans les zones dépourvues de végétation comme les tannes.

Evaporation.

La moyenne annuelle est de 1.478 mm à Ziguinchor, mesurée au Piche. Le total mensuel, faible en saison des pluies, dépasse 100 mm de décembre à juin et atteint presque 200 mm en mars et avril.

Formation des tannes (figure IV).

Lorsqu'un certain équilibre est établi, le développement des diverses espèces de la mangrove est commandé en premier lieu par le régime hydrique, le régime de submersion des sols.

C'est ce même régime de submersion, passant d'une alternance bi-quotidienne d'inondation et d'assèchement à une alternance seulement annuelle, qui est le principal responsable de la formation des tannes.

La limite interne de débordement des marées moyennes, puis des marées de vives eaux, ayant tendance à s'éloigner vers l'aval, l'humectation du sol n'est plus assurée, du moins en surface ; il se produit une déshydratation et un tassement irréversibles, et corrélativement une concentration des sels. Les Avicennias ne peuvent résister à ces conditions et leur disparition accentue encore l'évaporation à la surface du sol.

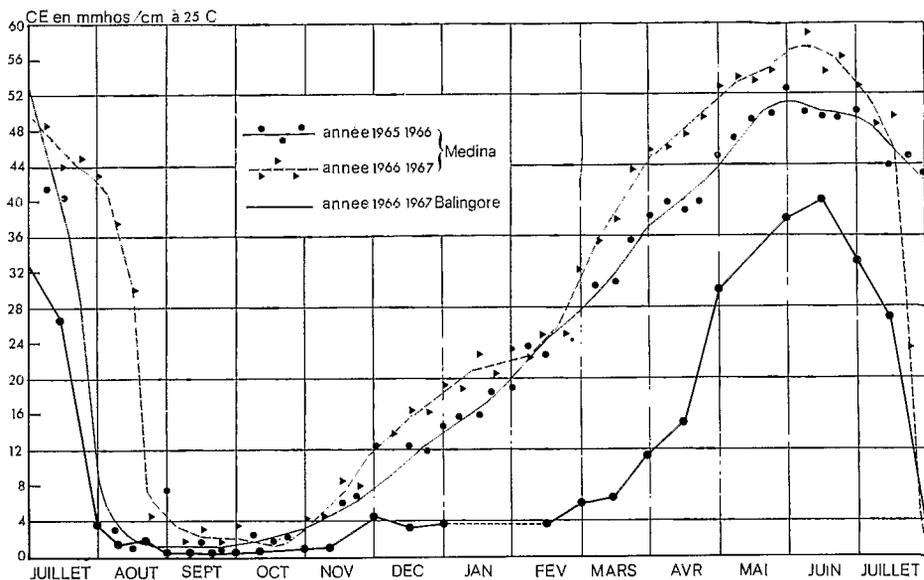


FIGURE II. — Salinités de l'eau des marigots de Niassa à Médina et de Bignona à Balingore (Valeur moyenne marée haute et marée basse)

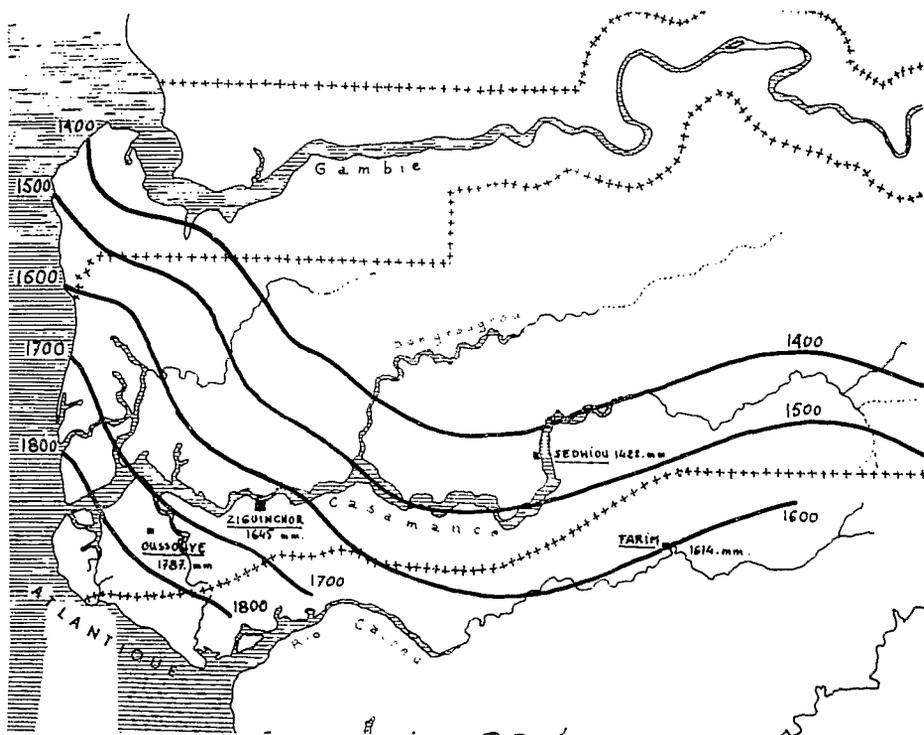


FIGURE III. — Précipitations moyennes annuelles

CHRONOSEQUENCE DES MANGROVES

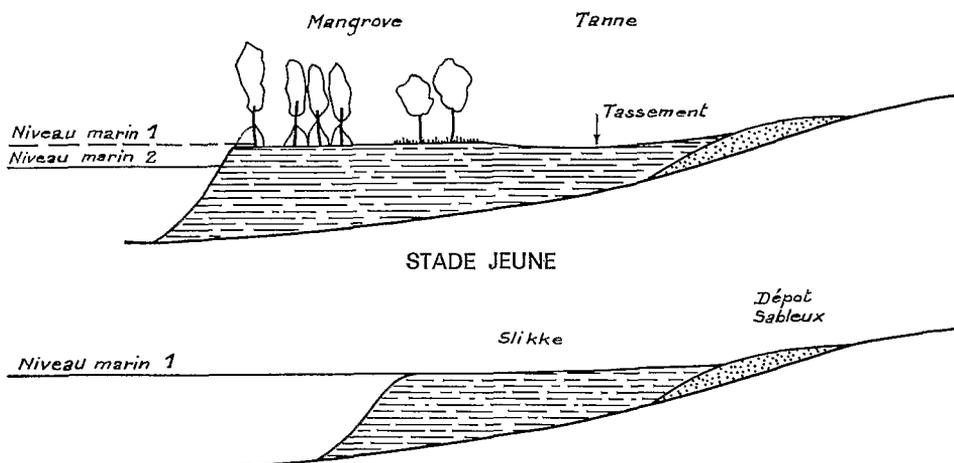


FIGURE IV. — Schéma de la formation des tannes

La nappe phréatique, qui s'éloigne peu de la surface du sol dans les mangroves, s'abaisse fortement dans les tannes, jusqu'à un mètre de profondeur vers la fin de la saison sèche.

Une autre conséquence de la disparition de la végétation est la diminution accentuée de la teneur en matière organique, qui concourt au tassement et à la déshydratation.

Au cours de la saison des pluies, la submersion des tannes est quasi totale et permanente, par suite des pluies et du gonflement des marigots ; la morphologie en légère cuvette résultant du tassement permet la persistance de cette nappe superficielle assez longtemps après la saison des pluies. Elle permet même une légère désalinisation des horizons de surface et l'implantation de quelques halophytes, parmi lesquelles *Heleocharis* et *Scirpus*.

En saison sèche, sécheresse et sursalure donnent à la surface du sol une structure poudreuse qui est favorable à la déflation éolienne et à la formation de lunettes (VIEILLEFON, 1967).

On peut ainsi observer des tannes, soit en bordure des zones non salées établies sur le Continental Terminal ou les terrasses anciennes, soit au milieu des formations de mangrove où leur étude est particulièrement instructive pour la compréhension de l'évolution des sols de mangrove.

II. — LA SEQUENCE DES SOLS OU « CHRONOSEQUENCE ».

A partir des sédiments vaseux déposés dans le milieu fluvio-marin se constitue une suite de sols dont l'évolution plus ou moins poussée est liée à l'ancienneté. A ces variations d'âge relatif et d'évolution s'associent des changements dans les conditions hydriques et dans la végétation.

Ces caractères évolutifs sont illustrés par l'étude morphologique des profils comme par celle des caractéristiques physiques et chimiques.

Afin de bien comprendre les liaisons évolutives qui apparaissent quand on passe de la mangrove au tanne, il est nécessaire d'éliminer les zones voisines du Continental Terminal où peuvent se côtoyer des dépôts de granulométrie différente, ainsi que des apports de nappes d'eau douce. Par ailleurs, les zones proches de l'estuaire ne sont souvent pas suffisamment évoluées et susceptibles de modifications.

C'est pourquoi la zone pilote pour l'étude de ces sols a été choisie près de Balingore, dans un coude du marigot de Bignona, et où se trouvent bien représentés, sur un espace relativement restreint, les divers types de sols et de végétation (figure V).

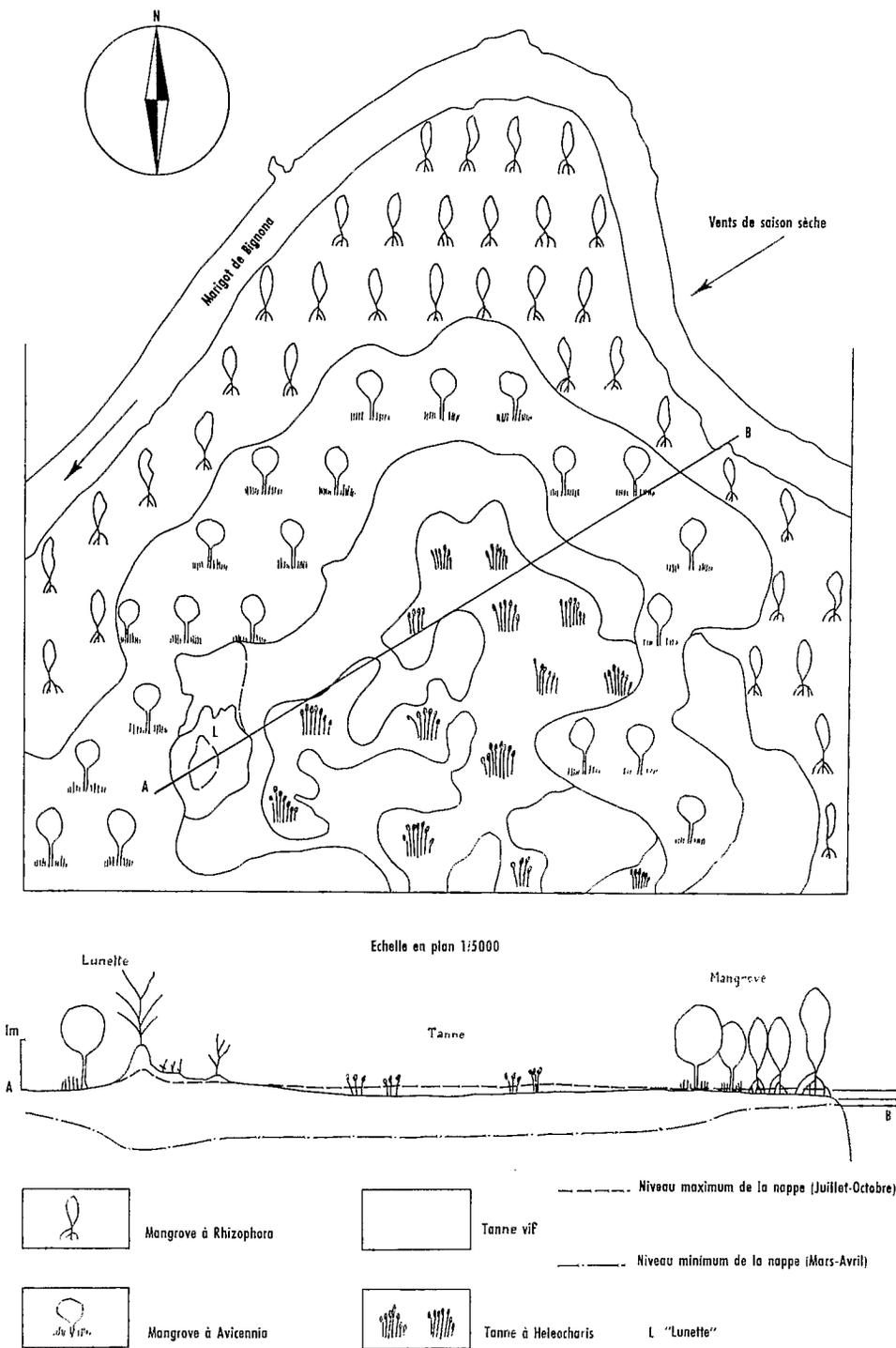


FIGURE V

A) CARACTERISTIQUES D'ENVIRONNEMENT.

1° Topographie.

Ainsi qu'il est dit plus haut, c'est par une transition progressive que l'on passe des bras des marigots aux zones dénudées ; cette transition peut être observée dans la topographie où les pentes, quoique très faibles, marquent bien les différences d'inondation par les marées et les différences de végétation.

La figure V présente une coupe de la mangrove de Balingore, suivant la direction Est-Nord-Est à Ouest-Sud-Ouest. De droite à gauche, donc du marigot jusqu'à la cuvette centrale, on a successivement :

- une pente forte en bordure du marigot, souvent supérieure à 100 % ;
- à partir de la frange à grands Rhizophoras jusqu'à la bordure de la cuvette à grands Avicennias, une pente très faible, environ 0,3 % ;
- au pied des grands Avicennias, une pente plus forte (3 %), cette bordure marquant le point culminant de la coupe ;
- vers la cuvette, une pente inverse de 0,7 %, où se trouvent les zones dénudées ou « tanne vif » ;
- enfin, la pente s'annule progressivement vers le centre de la cuvette, occupée en majorité par les formations halophytes du « tanne herbacé ».

Vers le bord Ouest de la cuvette, la pente remonte brusquement sur une sorte d'île allongée surplombant la cuvette de 60 à 80 cm, qui est une « lunette » de déflation construite par les dépôts d'éléments arrachés en saison sèche au « tanne vif ».

A l'Ouest de cette lunette, on retrouve la succession inverse des pentes jusqu'au marigot.

2° Régime hydrique.

Le régime de submersion des différentes zones de la mangrove a une influence très nette sur la répartition de la végétation. Tandis que s'amenuise progressivement la durée de submersion, on observe également des différences dues aux changements de la salinité.

Dès les premières pluies de l'hivernage, les tannes stériles et herbus, la frange à Avicennias et Sesuviums se couvrent d'une couche d'eau qui peut atteindre 20 cm d'épaisseur ; dans les autres zones, c'est le gonflement du marigot provoqué par les pluies qui amène une augmentation de la lame d'eau venant recouvrir le sol à chaque marée.

Pendant la saison sèche, alors que les zones de mangroves à Rhizophoras continuent à être recouvertes par les marées, la zone centrale des tannes et sa bordure d'Avicennias se dessèchent progressivement, la nappe atteignant en mai sa profondeur maximale : 0,90 m pour le tanne herbu, 0,35 m pour le tanne vif, 0,25 m pour la frange à grands Avicennias, 0,15 m pour la zone à Avicennias plus petits.

Seules les marées d'équinoxes de printemps peuvent venir submerger une partie des tannes ; elles provoquent alors d'importants changements dans la structure des horizons de surface. L'étude précise des variations de la nappe, tant de la hauteur que de la concentration en sels, permet de mieux comprendre les cycles annuels observés par exemple dans les caractéristiques physico-chimiques comme le pH et le potentiel redox.

a) Battement de la nappe.

Nous avons vu que le battement de la nappe est d'autant plus large que l'on passe de la mangrove vers les tannes. On observe aussi que l'abaissement de la nappe se transmet progressivement du tanne vers la mangrove à Avicennias au cours de la saison sèche. Cependant, avant même les premières pluies on constate une remontée progressive de la nappe à la périphérie du tanne, liée à une remontée importante de l'hygrométrie.

Dans la mangrove, la nappe subit les contrecoups des battements de la marée dans le marigot, et pas seulement quand les marées sont assez fortes pour en submerger l'ensemble. La figure VI montre les variations de la nappe dans le profil de la mangrove à Avicennias et Scirpus, en période de marées de morte eau. Il existe donc un effet dynamique de la marée sur la nappe qui semble se transmettre jusqu'au tanne, mais moins perceptible. Il est donc possible que des mouvements de solutions se produisent dans l'ensemble de la séquence de sols.

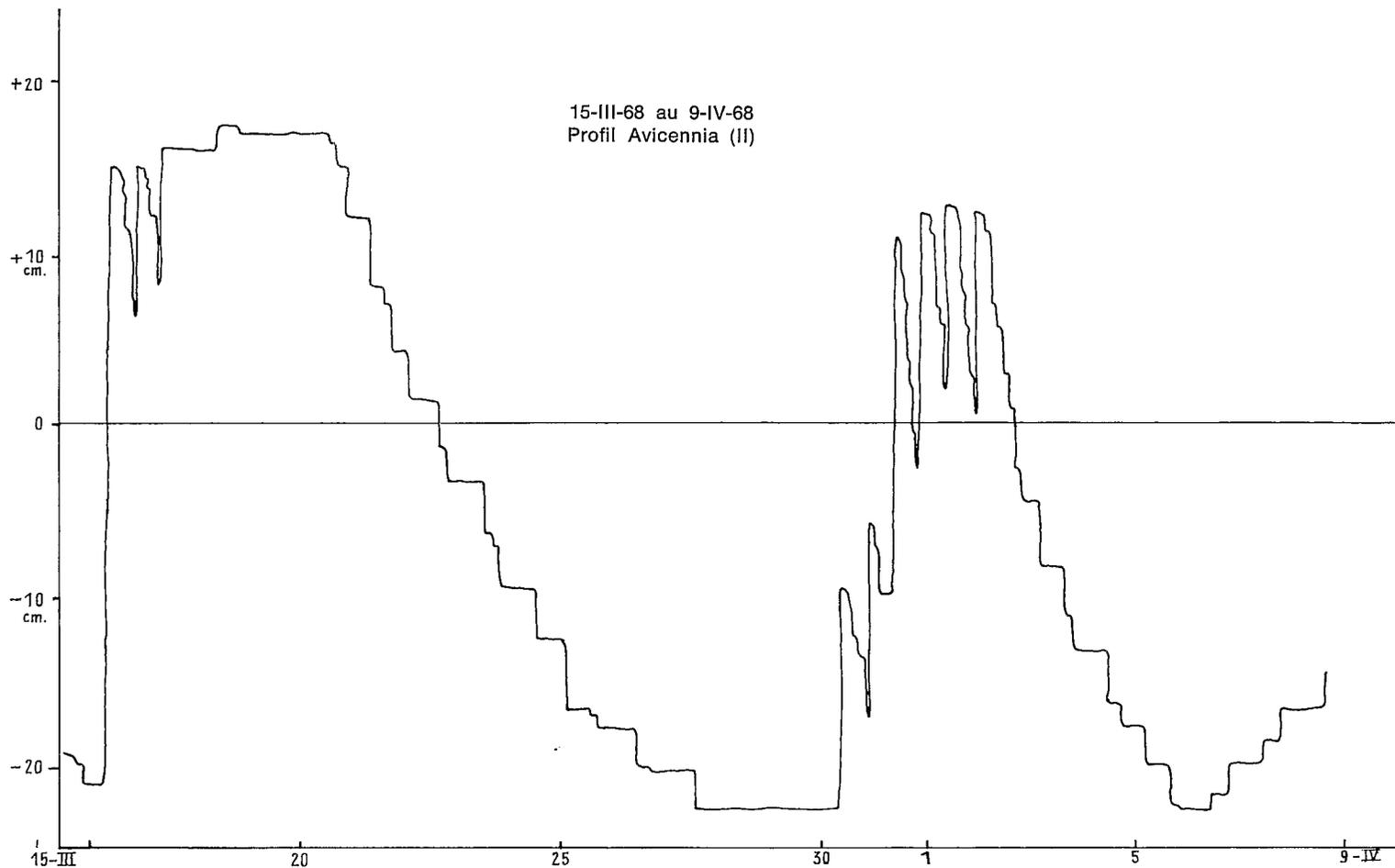


FIGURE VI. — Influence de la marée sur la nappe de la mangrove

b) Variations de la salinité.

L'inondation en hivernage de l'ensemble des sols par les eaux douces, l'évaporation et la resalinisation du marigot en saison sèche se traduisent par d'importantes variations de salinité dans les nappes, et ces variations ont des amplitudes croissantes quand on passe de la mangrove au tanne.

C'est ce qui ressort de l'examen de la figure VII où sont portées les variations de la conductivité électrique de la nappe prélevée à 50 cm dans 3 profils de la chaîne.

Dans les 3 profils l'abaissement de la salinité est très brutal au début de l'hivernage. La remontée observée en fin d'hivernage doit être attribuée à l'incursion d'une ou plusieurs marées de vives eaux dans la mangrove, tandis que dans le tanne l'assèchement provoque une resalinisation brutale.

3° Végétation.

A l'intérieur de la mangrove de Balingore, on peut distinguer 7 zones principales, caractérisées par leur régime de submersion et par les peuplements végétaux suivants :

1° Frange de grands *Rhizophoras racemosa* et de *Rhizophoras mangle* plus petits, le long du marigot et des chenaux de mangrove actifs. Cette bordure est peu épaisse, elle s'élargit sur les rives convexes et s'amointrit jusqu'à disparaître parfois sur les rives concaves des méandres ;

2° Succédant à la précédente, une bordure plus large de *Rhizophoras mangle*, plus petits que les précédents, et en peuplements un peu moins denses ;

3° Peuplement de *Rhizophoras mangle* avec strate herbacée dense de *Paspalum vaginatum* ;

4° Peuplement plus ou moins large d'*Avicennias nitida* de taille moyenne, mêlé de quelques *Rhizophoras mangle*, avec strate herbacée de *Scirpus littoralis* ;

5° Frange souvent interrompue, généralement moins étendue que la zone précédente, d'*Avicennias nitida* de grande taille avec une strate herbacée composée de *Sporobolus robustus* et de *Sesuvium portulacastrum* ;

6° Zone dénudée (tanne vif) très étendue à surface boueuse ou poudreuse suivant les saisons, avec de rares plages à *Philoxerus vermicularis* entourant ou isolant en plusieurs morceaux la dernière ;

7° Zone herbeuse (tanne « herbacé ») à *Héléocharis mutata* et *Héléocharis caribea* plus petite.

La végétation de la « lunette » présente un aspect particulier. Les parties basses sont couvertes de *Paspalum vaginatum*, et les parties hautes portent une végétation inhabituelle au milieu de la mangrove, puisque constituée de *Phénix reclinata* (palmier), de *Spondias mombin*, de *Stereospermum Kunthianum*, parfois même d'*Adansonia* (Baobab) avec au-dessous un *Igname sauvage* et des *Andropogonées* banales. Cette butte a d'ailleurs été colonisée par des termites.

B) ETUDE MORPHOLOGIQUE DE QUELQUES SOLS DE LA SEQUENCE.

Suivant le sens de l'évolution tel qu'il apparaît dans la répartition des sols, quand on passe des régions de mangroves récentes à celles plus anciennes où un certain équilibre semble atteint, il est logique d'étudier successivement les complexes sol-végétation définis ci-dessus en passant des bords du marigot au centre du tanne, puis à sa bordure occidentale où se trouve la lunette.

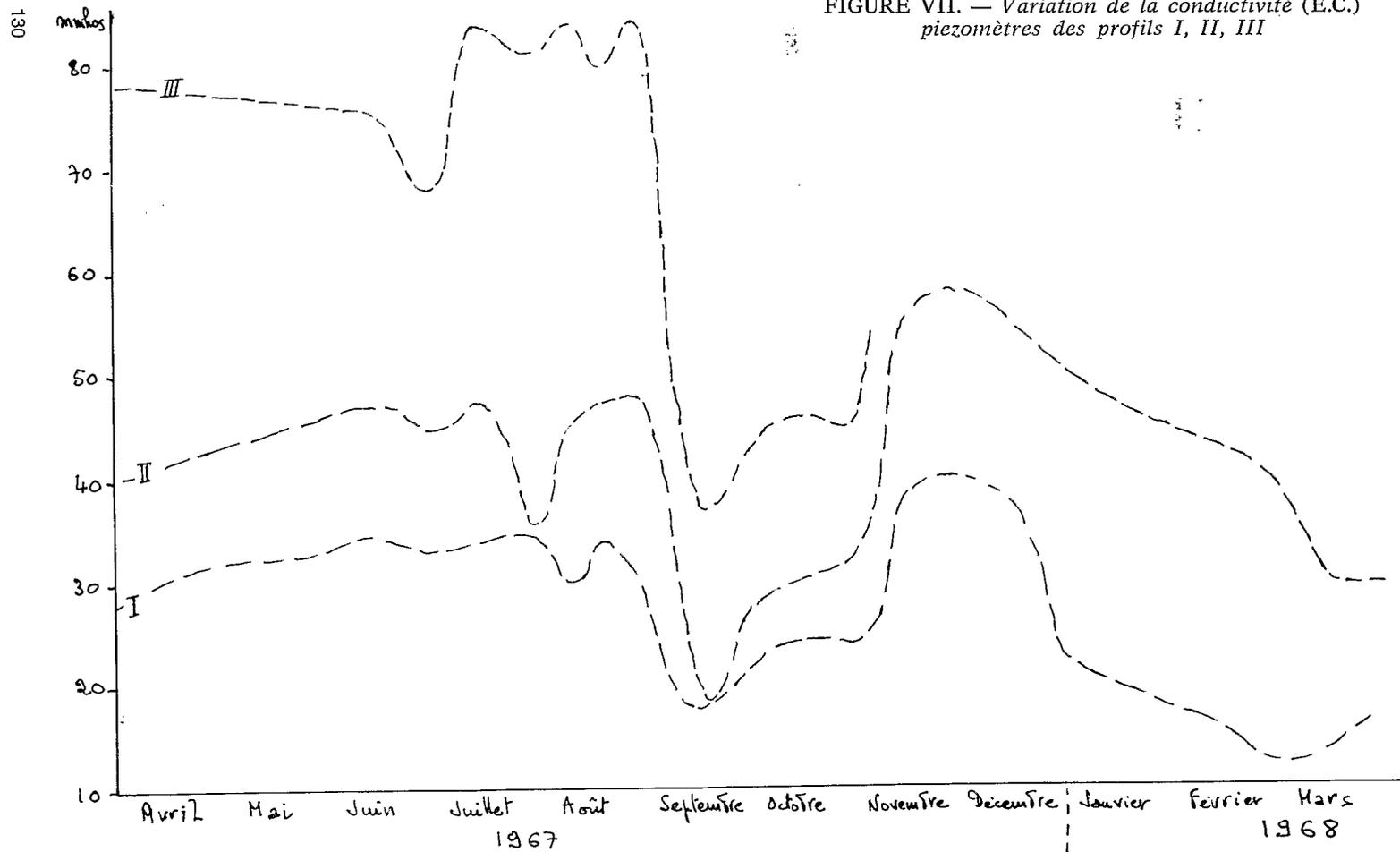
1° Formation à *Rhizophoras mangle*.

Dans cette zone le *R. mangle* est dominant sur le *R. racemosa* et il n'y a pas de sous-bois herbacé. Les arbres, qui mesurent 2 m à 2,50 m de haut, sont serrés et leurs racines échasses sont étroitement mêlées, opposant un obstacle sérieux à la pénétration.

La surface du sol est plane, seulement bosselée près de quelques trous de crabes, parsemée de coquillages coniques de *Tympanotonus fuscatus* de petite taille, et incisée du côté du marigot par de fins chenaux anastomosés qui recueillent le ruissellement au reflux.

La consistance est spongieuse, et l'on remarque une nette tendance à la thixotropie du matériau.

FIGURE VII. — Variation de la conductivité (E.C.)
piezomètres des profils I, II, III



Description du profil :

- 0 à 23 cm : N/4 à 5 B 4/1, gris bleuté, nombreuses et larges taches brunes (10 YR 4/4) sur des amas de radicelles de Rhizophoras, argileux organique, structure fibreuse très compacte, épaisseur assez uniforme, limite assez nette avec l'horizon sous-jacent ;
- 23 à 35 cm : horizon identique au précédent mais taches plus petites et plus rares, moins humifère, passage graduel à .. ;
- plus de 35 cm : le profil se continue, gris bleu et toujours fibreux jusqu'à plus de 2 mètres de profondeur.

Ce sol est recouvert chaque jour par la marée, et toujours complètement engorgé. Il ne se draine momentanément sur les 10 cm supérieurs que lors des grandes marées basses.

Le sol qui se trouve sous la forêt à grands Rhizophoras racemosa est en tout point identique, mais il est recouvert à la marée par une lame d'eau plus importante, 30 à 40 cm au lieu de 10 en moyenne. Les arbres y ont une densité comparable, mais l'entrelacement de leurs grandes racines échasses rend difficile la pénétration et la manipulation d'appareil. L'étréoussse relative de la zone couverte par ces formations a fait que nous l'avons écartée de nos points d'étude.

La largeur de la zone à Rhizophoras mangle est très variable, suivant la configuration du terrain ; dans la région étudiée, et en général en Casamance Maritime, il ne semble pas qu'elle dépasse 150 à 200 m.

2° Formation à Avicennias et Sesuvium portulacastrum.

Bien que cette zone soit assez étroite, son intérêt réside dans sa position de limite entre le tanne et la mangrove, et dans sa position topographique légèrement plus élevée que les deux zones principales.

Les Avicennias sont là remarquablement développés, atteignant 5 à 6 mètres de hauteur, mais ils dépérissent du côté du tanne.

La surface du sol est hérissée de très nombreux pneumatophores, qui disparaissent également vers le tanne, et craquelée par de nombreuses fentes qui ne traversent cependant que les 5 ou 10 cm supérieurs.

Description du profil :

- 0 à 3,5 cm : 10 YR 2/3, brun foncé, argileux, mêlé de débris végétaux ;
- 5 à 45 cm : 10 YR 2/2, brun très foncé, petites taches ocres et brunes, devenant légèrement bleutées en séchant ; argileux ; structure massive, compact, très plastique ; peu de débris végétaux, épaisseur assez uniforme, passage graduel à
- 54 à 60 cm : 10 YR 2/2, brun très foncé, mêlé de bleu (5 B 4/1), nombreuses taches brunes (10 YR 4/4) de dimensions moyennes, argileux, massif, cavités racinaires, épaisseur uniforme, passage diffus à
- plus de 60 cm : horizon identique aux horizons profonds du profil précédent, gris clair et bleu, fluide, mêlé de débris de racines peu décomposées, qui disparaissent après 150 cm.

Variations :

Dans les zones où les Avicennias sont plus clairsemés, et les plages à Sesuvium plus denses, on observe quelques taches jaunes entre 20 et 50 cm de profondeur.

Cette zone est celle qui est le moins soumise à la submersion par les marées ou les pluies de l'hivernage, le front de la nappe ne dépasse pas cependant la profondeur de 30 cm, au plus bas.

3° Tanne vif sans végétation.

Quand on quitte les frondaisons des grands Avicennias on débouche sur une vaste zone plane, qui, en saison sèche, présente un caractère frappant d'aridité, tant sur les plages dénudées que dans les zones herbacées dont le tapis d'halophyte est desséché et roussi par le soleil.

La surface du sol est plane, la couche superficielle est poudreuse, excessivement riche en sels (1), parfois légèrement encroûtée. Au-dessous on peut observer des amorces de polygones d'environ 20 cm découpés par des fentes de 1 à 2 cm de large. La couleur de la surface est un peu plus claire que dans la zone précédente et que dans la partie herbue du tanne.

En saison des pluies la couche pulvérulente de surface devient boueuse et glissante et tend à former une pellicule souple qui repose plus ou moins régulièrement sur l'horizon sous-jacent. Cette pellicule est souvent boursoufflée par de petits dômes où s'accumulent des gaz (méthane, mercaptan), du moins tant qu'une lame d'eau les recouvre.

Description du profil :

- 0 à 3 cm : 10 YR 4/4, brun ; argileux mêlé d'efflorescences salines en croûte friable poudreuse ; horizon ondulé, limite tranchée avec l'horizon sous-jacent ;
- 3 à 13 cm : 10 YR 5/1, gris, petites taches beige-jaune (10 YR 6/8) à ocre rouge (2,5 YR 5/8) sur les fentes et le long d'anciennes racines fines ; argileux ; structure cubique à tendance prismatique, moyenne, bien développée ; plastique ; épaisseur uniforme, limite nette ;
- 13 à 30 cm : 10 YR 5/1, gris nombreuses taches jaune vif (2,5 Y à 5 Y 8/8) en amas et à l'emplacement d'anciennes grosses racines ; argileux ; structure massive, cavités tubulaires à l'emplacement d'anciennes racines mortes ; très plastique ; horizon ondulé, passage graduel à
- 30 à 50 cm : N/6, gris clair, grosses taches jaunes moins nombreuses, argileux, massif, autres caractères comme ci-dessus ; horizon irrégulier, passage graduel à
- 50 à 65 cm : N/6, gris clair, taches bleues (5 B 4/1) sur des amas de radicelles ; autres caractères identiques ; apparition de grosses racines peu décomposées ;
- plus de 65 cm : N/6 et 5 B 4/1 mélangés, comme dans les horizons profonds des profils précédents.

Il s'agit là d'un **sol à cat-clays** comparable à ceux qui ont été décrits en Guyane et au Vietnam (VAN BEERS, 1962 - MOORMANN, 1963).

Variations.

Les variations observées affectent surtout les horizons supérieurs : pellicule boueuse en saison des pluies, masquant les fentes et la structure de saison sèche. Pendant la saison sèche, d'autres modifications peuvent être apportées par la submersion occasionnelle par les grandes marées de saison sèche très salées. La structure est encore détruite et on assiste à un gonflement de l'horizon de surface par le sel lors du retrait des eaux et de la dessiccation.

Dans les horizons à taches ocres ou jaunes, il est fréquent que les taches soient durcies et plus structurées que le reste de l'horizon ; les faces de ces petits agrégats polyédriques sont mamelonnées.

Au sujet de la couleur de la surface de ces tannes nus, on peut faire les observations suivantes : quand l'horizon de surface est argileux ou argilo-limoneux, la teinte de la surface est brune en hivernage, brun clair à beige en saison sèche, certaines parties étant plus jaunes par dépôt de soufre en fleurs ; quand les horizons de surface sont recouverts d'une pellicule, même très mince, de sable, le tanne devient blanc, les cristaux de sel liant les grains de sable provoquant une intense réverbération.

4° Tanne herbacé à Héléocharis.

Si en fin de saison sèche cette partie du tanne présente un aspect aussi désolé que les zones sans végétation, en hivernage un tapis dense et très vert se développe et s'étend progressivement vers le tanne vif.

L'horizon superficiel est encore poudreux mais les fentes sont plus visibles et plus profondes. On observe également de rares dépôts de soufre en fleur et vers la fin de l'hivernage on perçoit un assez fort dégagement d'hydrogène sulfuré, qui est commun dans la mangrove à Rhizophoras mais plus rare sous Avicennias et dans le tanne vif.

En hivernage la nappe superficielle qui recouvre cette zone peut atteindre 20 cm d'épaisseur.

(1) 125 pour 1.000 de sels dont 3/4 de chlorures et 1/4 de sulfates.

Description du profil :

- 0 à 3 cm : 10 YR 3/3, brun foncé, argilo-limoneux, structure poudreuse fine, chevelu racinaire très dense, épaisseur uniforme, limite tranchée avec l'horizon sous-jacent ;
- 3 à 10 cm : 10 YR 5/1, gris, nombreuses et fines taches tubulaires beige-jaune (10 YR 6/8) et vers la base de l'horizon larges taches arrondies jaune-beige (2,5 Y 7/8), argilo-limoneux, structure cubique moyenne, assez bien développée, fentes de petites dimensions, sans revêtement, microporosité faible, plastique, fort enracinement à la surface des cubes, épaisseur assez uniforme, limite nette ;
- 10 à 30 cm : 10 YR 4/2, gris-brun, assez nombreuses taches allongées jaune-beige (2,5 YR 7/8), argileux, structure prismatique moyenne, bien développée, fentes assez larges recouvertes d'une pellicule brune argileuse et organique salée, microporosité faible à nulle, très plastique, sans enracinement, horizon ondulé, limite assez nette ;
- 30 à 55 cm : horizon de transition identique au précédent, mais avec disparition de la structure prismatique ;
- 55 à 75 cm : N 4, gris, quelques taches brunes allongées entourées d'un halo brun-clair, argileux, structure massive, continue, sans fentes ni débris végétaux, épaisseur uniforme, passage graduel à
- plus de 75 cm : N 4, gris, avec quelques passages bleutés (5 B 4/1), argileux, très plastique, à partir de 150 cm apparaissent de nombreuses racines de palétuviers, Rhizophoras, en voie de pourrissement.

Le profil se continue identique jusqu'au-delà de 3,50 m avec de très fines passées sableuses.

La structure décrite pour les horizons supérieurs jusqu'à 30 cm n'est observable qu'à la fin de la saison sèche. Dès que les pluies engorgent le sol et dissolvent les sels accumulés à la surface, elle disparaît et le profil est uniformément plastique, sauf une légère résistance à la pénétration entre 10 et 30 cm. Les horizons fibreux de surface deviennent glissants, et il est difficile de se déplacer sur ce sol. La partie supérieure forme une pellicule où s'accrochent parfois de nombreuses bulles de gaz (SH_2 , air).

En hivernage la teneur en sels de l'eau qui recouvre la surface du sol ne dépasse pas 3 à 4 pour 1.000 (mesurée par conductimétrie), dans la nappe située vers 80 cm de profondeur, en fin de saison sèche, elle atteint 50 pour 1.000.

C) LES RELATIONS ENTRE LA VEGETATION, LES SOLS ET LE REGIME HYDRIQUE. REALITE DE LA CHRONOSEQUENCE.

En s'en tenant aux seules caractéristiques morphologiques des profils, on observe de la mangrove vers le tanne une évolution importante, où la végétation et le régime hydrique jouent des rôles de premier plan (fig. VIII).

Les formations à Rhizophoras sont caractérisées par un enracinement profond et particulièrement dense. On parle même de sol fibreux tant les radicelles sont nombreuses et finement divisées et entrelacées, au moins dans les horizons supérieurs. Les racines profondes se conservent bien dans le milieu anaérobie et subsistent longtemps après la chute des arbres, que la surface soit alors couverte par les Avicennias ou par un tanne.

L'enracinement des Avicennias est nettement plus superficiel, et leur installation après les Rhizophoras provoque la disparition de l'horizon fibreux, mais les racines d'Avicennias, de même que leurs pneumatophores qui ne sont que des diverticules à géotropisme négatif, disparaissent dans le tanne.

Si dans les deux principaux types de mangrove la couleur des horizons reste uniforme, dans ses taches comme dans sa matrice, une importante modification se produit dans les tannes, en particulier dans l'horizon de 20 à 50 cm, où apparaissent des teintes plus claires et plus vives, en marbrures plus prononcées et dont les limites tranchées sont souvent le lieu de ségrégation et de précipitations spécifiques, en particulier de sels et d'oxydes de fer. Les battements de la nappe en sont la cause.

Sur le plan de la structure également, ce n'est que dans les tannes qu'elle se manifeste, là encore dans les limites de déplacement du front de la nappe phréatique. Bien que les inondations de la saison des pluies masquent provisoirement ces structures, elles sont cependant un signe tangible d'évolution, car il nous a été permis de les retrouver

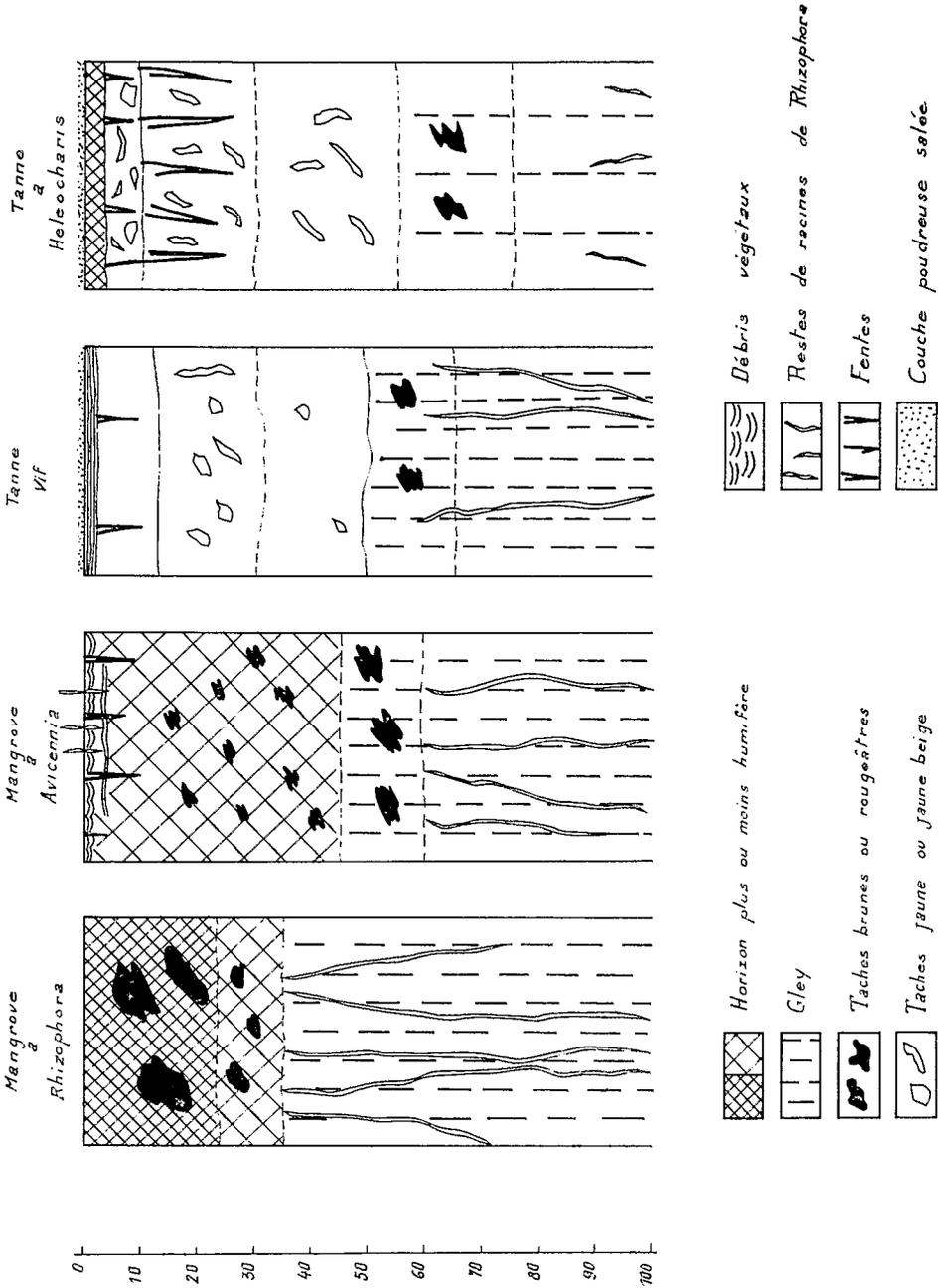


FIGURE VIII. — Représentation schématique de quelques profils (Symboles selon DUCHAUFOR, Précis de Pédologie, p. 415)

dans des sols actuellement couverts d'Avicennias dont la morphologie indiquait l'existence d'un tanne dans une époque antérieure.

On ne peut pas parler là d'une « chaîne de sols » puisque aucun des sols ne cède, ou ne reçoit des autres, certains de ses éléments constitutants, si l'on fait abstraction des mouvements latéraux de la nappe. Ils conviennent mieux à la définition de la « séquence de sols » (AUBERT-BOULAIN, 1967).

Leur juxtaposition étant liée à une évolution de plus ou moins longue durée, il est possible de leur appliquer le terme de chronoséquence.

Le facteur « temps » qui intervient dans cette définition est lié à la progression de l'alluvionnement qui provoque l'atténuation de la submersion, ainsi qu'éventuellement à l'abaissement du niveau marin.

D) LES SOLS DES VALLEES AFFLUENTES.

Entre le marigot de Bignona avec sa zone de mangrove et les plateaux de Continental, ainsi que dans les anciennes vallées colmatées qui y aboutissent, on peut observer une suite de sols qui s'apparentent à certains de ceux de la séquence de sols de la mangrove, mais comprend aussi des sols plus ou moins dessalés sur lesquels sont établies les rizières traditionnelles. Au milieu d'eux se situent souvent des îlots sableux, et en bordure des vallées, des sols sableux sur colluvions du Continental Terminal.

Les sols des rizières, argileux, présentent généralement le profil suivant :

- 0 à 20 cm : gris-brun, argileux, humifère, structure nuciforme moyennement développée ;
- 20 à 50 cm : gris-olive à nombreuses taches jaune vif, argileux, structure massive ;
- 50 à 80 cm : brun chocolat, argileux, fluide et collant ;
- plus de 80 cm : gris passant rapidement à gris-bleu, argileux, fibreux (anciennes radicelles de *Rhizophora*).

On observe parfois de fines passées sableuses, et les sédiments sableux succèdent à l'argile à des profondeurs variables, qui n'excèdent généralement pas 2 m dans la partie basse des vallées (rizière basse), et diminuent régulièrement quand on se dirige vers l'amont.

Le sable de profondeur est identique à celui des îlots sableux, dont le profil le plus courant est le suivant :

- 0 à 20 cm : brun clair, sableux grossier, peu humifère ;
- 20 à 60 cm : brun jaune, sableux, consolidé en une carapace, contenant quelques fragments très durs ;
- 60 à 70 cm : 7,5 R 4/6, sableux, rouge vif, teinte caractéristique des dépôts ferrugineux en milieu salé (?) ;
- plus de 70 cm : gris-beige, sableux, friable.

Un sondage jusqu'à 3 mètres dans un îlot sableux de Balingore montre l'uniformité texturale sableuse ; de 2 à 3 mètres, les sables sont mélangés à des débris organiques noirâtres.

Les bordures des vallées colmatées, formées de colluvions sableuses qui peuvent parfois recouvrir en biseau les dépôts argileux récents, présentent souvent en profondeur des horizons concrétionnés qui peuvent même former une cuirasse infranchissable à la tarière. Certaines cuirasses profondes sont recouvertes d'argiles marines, avant le colluvionnement sableux, ce qui montre qu'il a pu y avoir plusieurs stades de cuirassement au moment des régressions.

Il semble par ailleurs que les processus de ferruginisation des dépôts sableux et de durcissement se continuent actuellement.

III. — APERÇU SUR LA PEDOGENESE.

Après les premières transformations subies par le sédiment au cours de son dépôt, l'évolution ultérieure des matériaux est conditionnée principalement par l'influence des peuplements végétaux dans la mangrove, puis par celle du régime hydrique dans les tannes. Nous en examinerons les caractéristiques principales, en ce qui concerne la teneur en eau, la matière organique, le pH et le potentiel de redox en liaisons avec les composés soufrés, enfin le complexe absorbant et les sels solubles.

A) TENEUR EN EAU ET DENSITE APPARENTE.

Quelles sont les premières modifications apportées au sédiment par la colonisation par les mangroves ? On trouvera dans le tableau 2 quelques caractéristiques concernant :

1. — une vase en cours de colonisation par *Avicennias*,
2. — une vase en cours de colonisation par *Rhizophoras*,
3. — un sol de mangrove à *Rhizophoras*,
4. — un sol de tanne situé près de l'embouchure, donné à titre de comparaison.

TABLEAU 2

	Teneur en eau	Salinité	pH
(1) surface à 100 cm	150 %	30 g/l	7 à 8
	170 %	40 g/l	7 à 8
(2) surface à 100 cm	110 %	30 g/l	6,7 à 7,6
	140 %	40 g/l	6,7 à 7,6
(3) surface à 100 cm	140 %	60 g/l	6,5 à 7,5
	130 %	60 g/l	
(4) surface à 100 cm	90 %	max 85 g/l	5,6 à 7
	130 %	-	-

La teneur en eau est calculée par rapport au poids de sol sec

Si la teneur en eau varie assez peu à un mètre de profondeur, on peut voir que l'implantation des Rhizophoras provoque dans la zone où les racines sont très denses, une légère augmentation de la teneur en eau. Par ailleurs, le pH a tendance à diminuer, tandis que la salinité du sol augmente.

On a porté dans le tableau 3 la teneur en eau à l'état naturel, des quatre profils de la séquence mesurée en hivernage, soit sous conditions d'engorgement que l'on peut assimiler au pF 0.

TABLEAU 3

TENEUR EN EAU EN % DU POIDS SEC POUR QUATRE PROFILS DE LA SEQUENCE DE SOLS

Profils	I	II	III	IV
	Rhiz.	Avic.	Tanne vif	Helec.
0 - 20 cm	210 (1,15)	68 (1,39)	40 (1,64)	55 (1,54)
20 - 40 cm	192	80	67	67
40 - 60 cm	135	125	90	120
60 - 80 cm	132	144	118	130
80 - 100 cm	135	132	132	145

Densité apparente de l'horizon supérieur (entre parenthèses)

Après l'augmentation signalée dans les sols de mangrove par rapport aux vases nues, on observe une diminution progressive, et qui gagne petit à petit les horizons profonds, quand on passe aux sols de tanne.

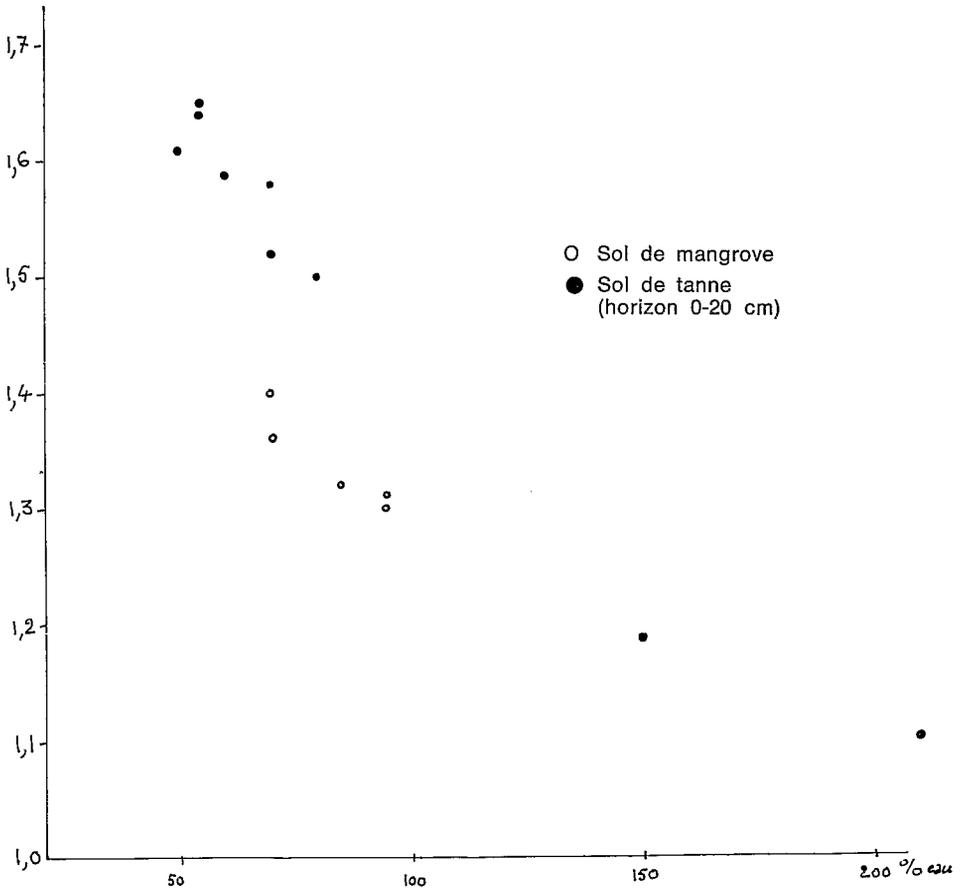
La légère augmentation constatée dans l'horizon supérieur du profil du tanne à Heleocharis, semble due à l'enracinement de ces halophytes.

A l'inverse, la densité apparente suit une variation contraire qui n'est pas seulement en relation avec la teneur en eau, mais sans doute aussi avec les qualités de la matière organique et sa teneur. La figure IX montre en effet que les échantillons de mangroves et de tannes se groupent dans deux domaines distincts.

Le retrait au séchage qui atteint 30 % en volume dans les mangroves n'est que de 10 % dans les horizons supérieurs des tannes.

Densité
app.

FIGURE IX. — Teneur en eau. Densité apparente



B) GRANULOMETRIE - TENEUR EN MATIERE ORGANIQUE.

L'enracinement abondant des Rhizophoras provoque un enrichissement important en matières organiques. Si la teneur en carbone ne dépasse guère 10 % sur la terre fine débarrassée des éléments grossiers, on s'aperçoit dans l'analyse granulométrique qu'elle peut occuper une plus grande part, atteignant près de 40 % dans l'ensemble des 200 cm supérieurs du sol. Cette teneur diminue nettement quand on passe à la formation à Avicennias puis au tanne (tableau 4).

Dans la fraction sableuse on trouve une assez forte proportion d'amas glomérulaires noirs de sulfures de fer ou de pyrite.

TABLEAU 4

Profils	I	II	III	IV
Matière organique %	41,5	15,9	12,2	8,2
Argile % < 2 μ	38,2	60,4	58,0	75,7
Limons % 2-20 μ	11,4	19,0	22,0	8,5
Sables % 20 μ - 2 mm	2,8	4,7	7,8	7,1

Granulométrie et matière organique (horizons 0-20)

C) pH ET POTENTIEL REDOX.

1° Les mesures :

Ces deux valeurs sont sous la dépendance de l'état d'engorgement du sol ; dans les mangroves comme dans les rizières, le pH est moins lié au taux de saturation que dans les sols bien drainés, il est par contre soumis à des variations importantes dues aux variations du potentiel d'oxydo-réduction, lui-même conditionné par les conditions d'engorgement ou de dessiccation du sol.

En milieu de dessèchement du sol, un milieu oxydant s'installe qui, par oxydation des sulfures sous l'action de bactéries comme *Thiobacillus thiooxydans*, provoque la formation d'ions sulfuriques qui font considérablement baisser le pH (TOMLINSON, 1957).

Il convient donc d'étudier le pH dans les conditions qui ne provoquent pas de modification sensible du milieu. Deux méthodes sont possibles, la mesure in situ et la prise d'échantillons en tubes étanches.

Nous verrons plus loin comment on peut comparer les valeurs obtenues par ces deux procédés dans l'étude des variations annuelles.

A titre indicatif, on a rassemblé dans le tableau 5 les valeurs mesurées en hivernage sur l'eau interstitielle des 4 profils.

TABLEAU 5

Profils	I	II	III	IV
0 - 20 cm	7,4	6,4	4,7	4,5
20 - 40 cm	7,0	6,4	5,1	5,1
40 - 60 cm	7,1	5,0	4,8	5,0
60 - 80 cm	7,4	4,7	5,5	5,2
80 - 100 cm	8,0	4,6	5,3	5,3

pH de l'eau interstitielle en hivernage

On observe que le pH de l'eau interstitielle est plus bas dans les sols de tannes que dans la mangrove. Examinons maintenant le tableau 6 des valeurs du pH des échantillons de ces mêmes sols après séchage à l'air.

Tous les échantillons subissent une acidification au séchage, mais cet effet est d'autant moins accentué que l'on passe des mangroves aux tannes. Il semble donc que les alternances répétées d'humectation et d'engorgement qui se produisent dans les tannes provoquent un épuisement progressif du stock de sulfures, dont l'oxydation par les *Thiobacillus* est susceptible de produire de l'acide sulfurique. Les ions sulfate formés en saison sèche sont en effet soit lessivés en hivernage, soit bloqués sous forme de sulfates de fer peu solubles (CLARK et all., 1961).

TABLEAU 6

Profils		I	II	III	IV
0	- 20 cm	2,4	4,1	4,1	5,4
40	- 60 cm	2,4	2,5	3,7	4,7
80	- 100 cm	2,3	2,1	2,9	3,5

pH des sols de mangrove et de tanne après séchage à l'air

L'évolution du pH d'un sédiment au cours du séchage permet ainsi de séparer une vase nue d'un sol de mangrove ou d'un sol de tanne. Dans une expérience un certain nombre d'échantillons de vases récentes et de sols de mangrove recueillis en pots étanches ont été soumis à une dessiccation ménagée, et le poids et le pH ont été mesurés périodiquement. La figure X présente les courbes de variation obtenues pour 3 d'entre eux, une vase nue sous l'eau, une mangrove jeune à Rhizophoras et une mangrove ancienne à Rhizophoras succédant aux Avicennias. Bien que l'on se soit limité à une perte d'eau relativement faible (20 % du poids de l'échantillon frais) on constate une forte baisse de pH dans les 2 échantillons de la mangrove, alors que dans la vase nue la variation est insignifiante. Il a été avancé par certains auteurs que le maximum d'oxydation des sulfures se produisait pour une humidité de 60 % dans l'échantillon. L'humidité à l'état frais des échantillons de mangrove étant voisine de 200 % du poids de sédiment sec, soit 65 % à 70 % du poids humide, c'est entre 65 et 55 % que l'on observe la forte baisse du pH.

Les mesures du potentiel d'oxydo-réduction ou Eh qui ont été effectuées sur l'eau interstitielle et sur le sol sont toujours plus élevées que les mesures in situ. On observe cependant que ces valeurs sont toujours un peu plus élevées dans les tannes que dans les mangroves.

2° Influence des composés soufrés :

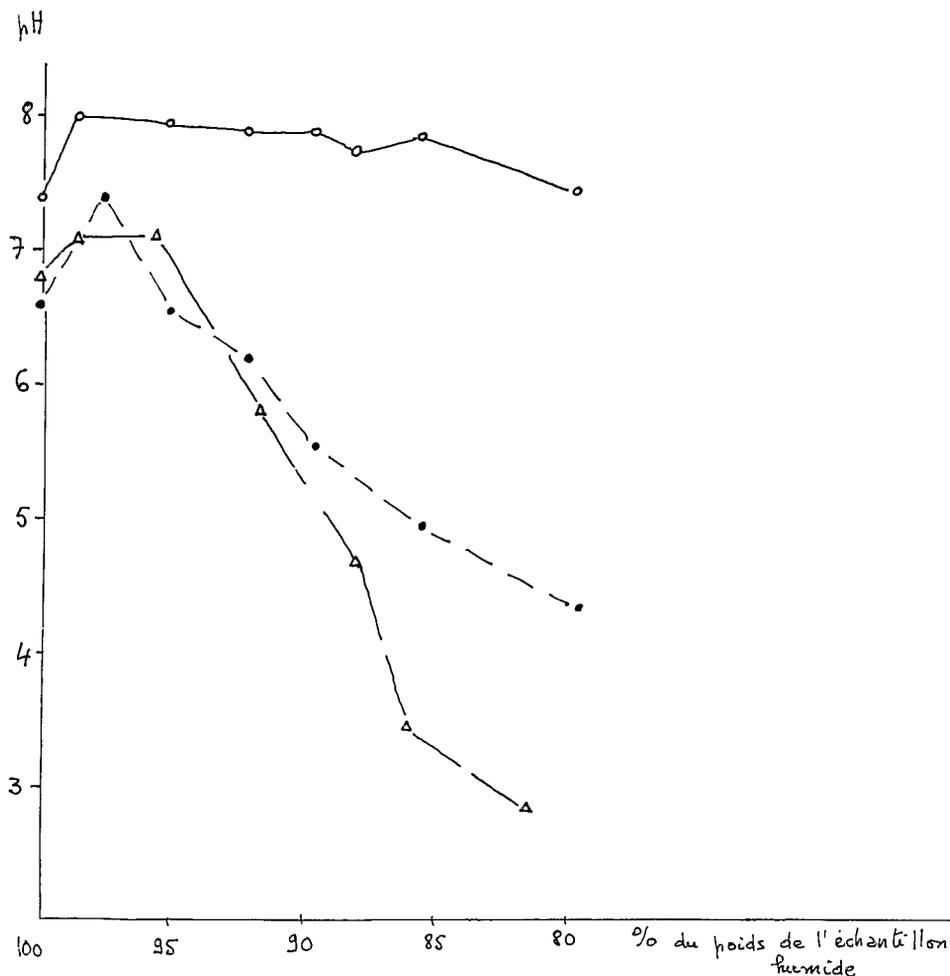
Les composés du soufre, qu'il s'agisse des ions sulfate ou des formes réduites comme sulfures de fer et pyrite, jouent un rôle important dans la pédogénèse de ces sols. Indépendamment des transformations internes, des formes réduites aux formes oxydées et inversement, les teneurs en soufre total varient dans une large mesure au cours de la pédogénèse (tableau 7).

TABLEAU 7

	1	2		3		4		5	
		S	H	S	H	S	H	S	H
0 - 20 cm	6,81	24,16	23,85	3,82	4,57	10,58	2,92	16,94	3,82
20 - 40 cm	9,01	56,88	31,43	17,58	8,26	1,17	-	17,61	7,32
40 - 60 cm	10,87	10,92	30,51	31,64	22,66	12,86	3,59	29,34	7,56
60 - 80 cm	13,11	34,38	26,74	28,95	23,96	41,04	23,31	26,44	26,70
80 - 100 cm	11,30	36,12	-	27,27	37,19	34,26	19,18	44,01	20,80

Teneurs en soufre total pour 1.000 dans divers profils

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. Vase de slikke non colonisée. | 5. Profil sous tanne à Heleocharis n° IV. |
| 2. Profil sous Rhizophora n° I. | S Fin de saison sèche. |
| 3. Profil sous Avicennia n° II. | H Fin d'hivernage. |
| 4. Profil sous tanne vif n° III. | |



- o—o — Vase non colonisée (sous l'eau)
 ●—● — Mangrove jeune à Rhizophora
 Δ—Δ — Mangrove ancienne à Rhizophora

FIGURE X. — Evolution du pH des sols pendant le séchage

On voit que l'accumulation du soufre, qui débute dès le dépôt de la vase, se développe surtout dans la mangrove à Rhizophoras, où par ailleurs les variations saisonnières sont faibles. Dans la mangrove à Avicennia, les horizons supérieurs ont déjà perdu une grande partie de leur stock. Les variations saisonnières sont dues aux alternances de dessiccation et d'humectation causées par le mouvement des nappes. Dans le profil du tanne vif, l'accumulation en surface est due à la concentration des sels par l'évaporation intense, car le soufre des sulfates représente 8 pour 1.000 de l'échantillon.

Le stock de soufre ainsi oxydable est directement en rapport avec l'acidité potentielle. Les échantillons de l'expérience illustrée par la figure X contenaient respectivement 7,53 pour 1.000 de S total pour la vase non colonisée, 11,13 pour la vase en cours de colonisation par les Rhizophoras, et 51,96 pour la mangrove ancienne.

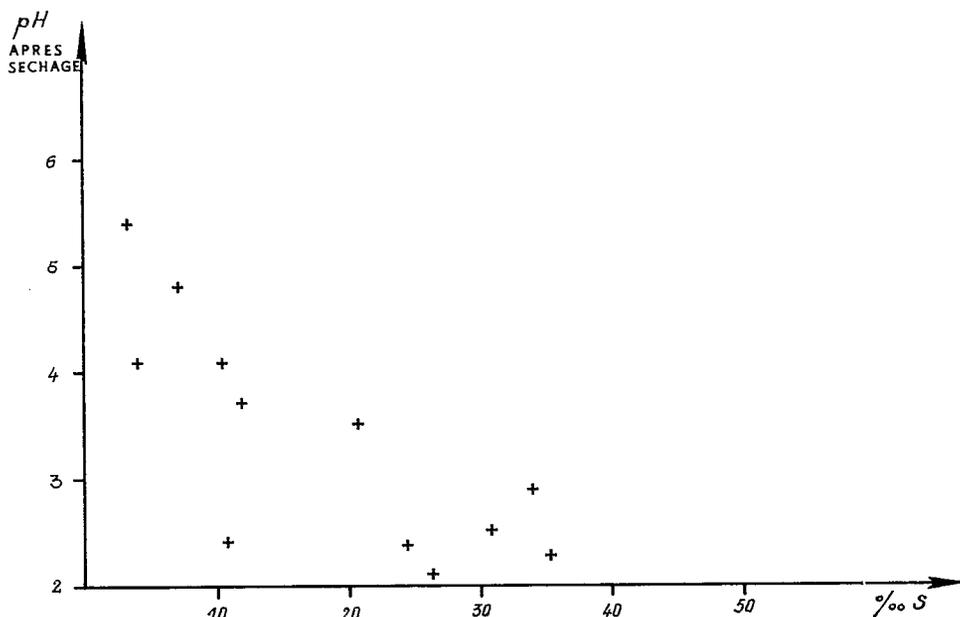


FIGURE XI. — Relation pH - teneur en soufre total

De même on a reporté sur la figure XI les valeurs du pH de l'échantillon séché à l'air de quelques profils de la séquence, en fonction des teneurs en soufre total. Les teneurs les plus courantes dans les sols de mangroves de Casamance (30 à 35 pour mille) sont donc responsables d'un fort abaissement du pH lors de l'assèchement.

Les variations saisonnières du pH et du potentiel redox mesurés in situ rendent compte de l'importance des phénomènes naturels d'évolution de ces sols (VIEILLEFON, 1968).

Nous ne reprendrons pas le détail des observations collectées au cours de 2 campagnes de mesures dans les différents sites de la chaîne de sols. Nous reverrons seulement les conclusions les plus importantes.

Comme on pouvait s'y attendre, le potentiel redox est sous l'influence des conditions d'aération du sol, donc des variations de hauteur de la nappe phréatique ; cette influence est particulièrement nette dans les tannes (figure XII).

Il est aussi logique d'observer généralement des variations inverses du pH et du potentiel. Il y a cependant des exceptions qui montrent que les mécanismes en jeu sont complexes.

En effet, si l'augmentation du potentiel provoque un abaissement corrélatif du pH, ce dernier peut descendre plus bas que ne le justifierait le simple effet de l'augmentation du potentiel. L'apparition de conditions oxydantes permet la transformation des sulfures en sulfates, donc en acide fort, qui accentue l'abaissement du pH. Par ailleurs, grâce aux mouvements des solutions acides, on peut observer une acidification alors même que les conditions ambiantes du sol sont redevenues réductrices.

Les variations sont plus importantes dans les tannes que dans les mangroves et l'hivernage provoque un certain regroupement des valeurs.

Dans la solution du sol (1), on observe également des variations du pH dont l'amplitude est comparable à celle des mesures « in situ ». Il existe cependant un certain décalage, en particulier dans les tannes où l'acidification se prolonge au début de l'hivernage.

(1) Extraite à la presse.

MOYENNES pH rH

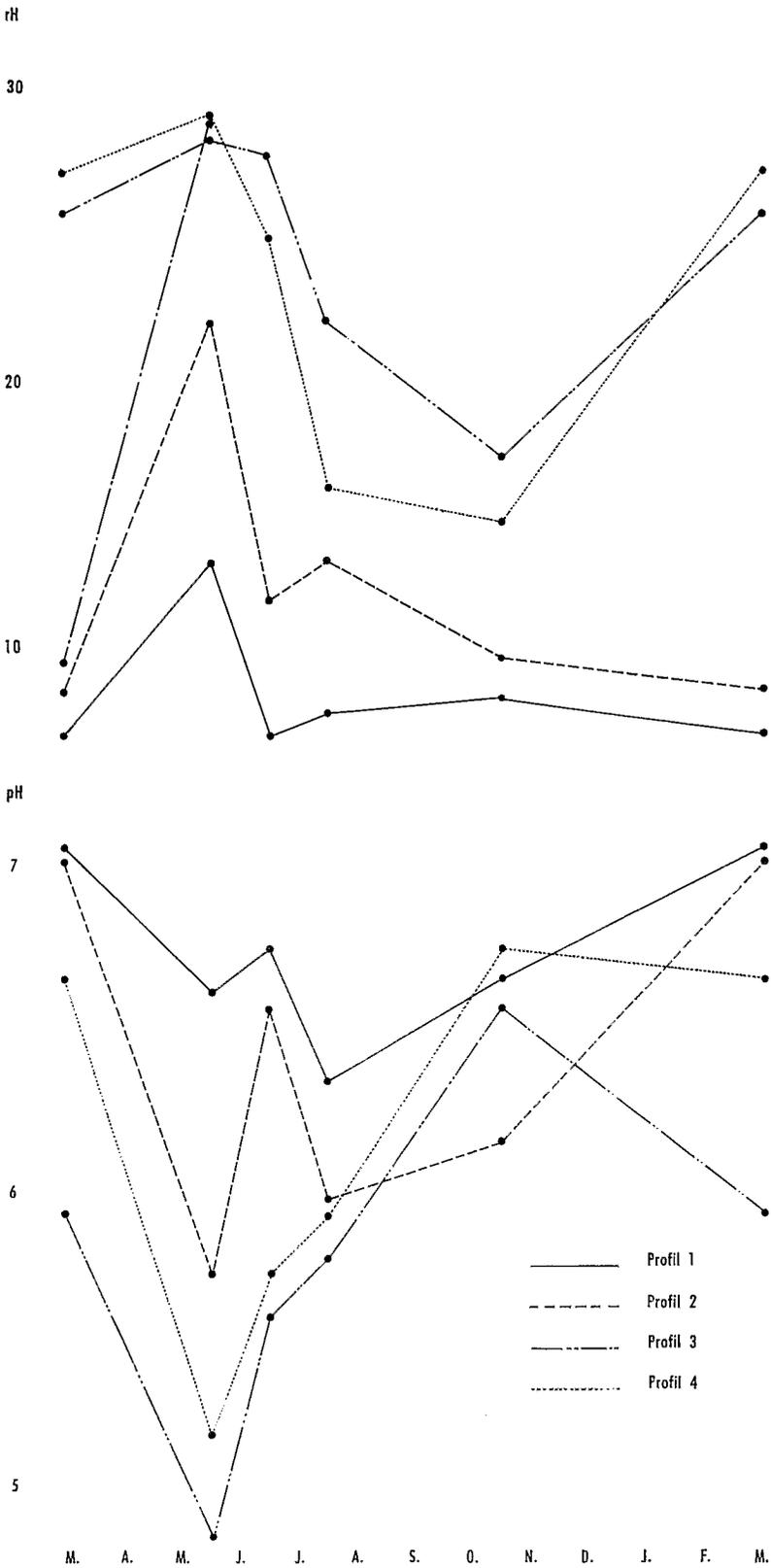


FIGURE XII

CHRONOSEQUENCE DES MANGROVES

Enfin si les mesures « in situ » ont montré que le pH est très souvent plus bas en profondeur qu'en surface, il n'en est pas de même dans la solution du sol.

Il semble donc qu'il y ait circulation verticale des solutions acides.

Il est enfin intéressant de remarquer que l'acidification disparaît progressivement dans l'horizon supérieur du tanne à Heleocharis, en raison sans doute de l'épuisement progressif des composés soufrés oxydables, ainsi qu'il l'a été mentionné auparavant. On a pareillement observé que dans le polder de Médina, là où existaient des tannes à Heleocharis, le pH baisse beaucoup moins sous l'influence du drainage que dans les emplacements originellement occupés par la mangrove.

d) **Complexe absorbant.**

L'analyse des cations absorbés suppose, en raison de la présence d'une grande quantité de sels solubles, soit une double détermination des sels solubles et des cations du complexe non dessalé, soit un dessalement par l'alcool qui s'est avéré particulièrement long et délicat.

A titre indicatif, on trouvera dans le tableau 8 quelques déterminations concernant les horizons de surface des 4 profils de la séquence.

TABLEAU 8

Profils	I	II	III	IV
Ca 0	3,4	3,2	2,0	4,4
Mg 0	7,6	7,4	4,5	5,6
K	1,8	2,2	1,7	1,5
Na	4,4	5,2	4,0	4,0
S	17,8	18,0	12,2	15,5
T	20,5	19,3	15,9	15,1
Na/T %	21,5	27,0	25,2	26,6
$\frac{Na + K}{Ca + Mg}$	0,56	0,70	0,87	0,55

Bases échangeables des sols des profils I, II, III et IV (mé pour 100 g)

On observe qu'il y a plus de Mg que de Ca, mais aussi plus que de Na, ce qui montre qu'une partie seulement du sodium de l'eau de mer est absorbée sur le complexe. Le rapport Na/T est cependant partout supérieur à 20 %, bien que ces sols ne développent pas les caractères de sols à alcalis.

e) **Sels solubles.**

Il est intéressant de comparer les dosages des anions et cations solubles dans le sol et dans la solution du sol.

TABLEAU 9

Profils	I				II				III				IV			
	0 - 20 cm		80 - 100 cm		0 - 20 cm		80 - 100 cm		20 - 40 cm		60 - 80 cm		20 - 40 cm		60 - 80 cm	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Cl	22,0	71,0	82,0	53,0	31,0	61,2	97,5	43,5	47,0	76,0	128,7	114,0	76,0	64,2	102,0	119,0
SO ⁴	12,4	6,3	29,5	6,2	10,0	14,2	85,7	2,1	8,4	7,0	47,5	12,5	15,4	8,8	76,2	19,6
Ca	1,3	3,8	3,6	2,7	1,1	3,6	3,2	1,5	1,2	2,6	3,2	3,9	1,6	2,5	7,3	4,5
Mg	10,6	14,7	37,3	11,7	8,6	16,9	40,3	9,2	9,5	17,2	37,1	25,5	21,3	17,7	52,0	32,9
K	1,1	1,5	0,1	1,1	1,1	1,2	0,1	0,8	1,3	1,2	1,2	2,6	1,3	0,8	0,2	1,7
Na	24,0	66,0	62,0	46,8	35,0	66,5	118,0	38,2	52,0	66,0	125,0	108,0	86,0	56,0	116,0	105,0

Sels solubles dans le sol (a) et dans sa solution (b) (mé/100 g)

On a rassemblé dans le tableau 9 ces données pour les 4 profils. Pour les échantillons de sol on a procédé à un séchage à l'air puis les sels ont été déterminés

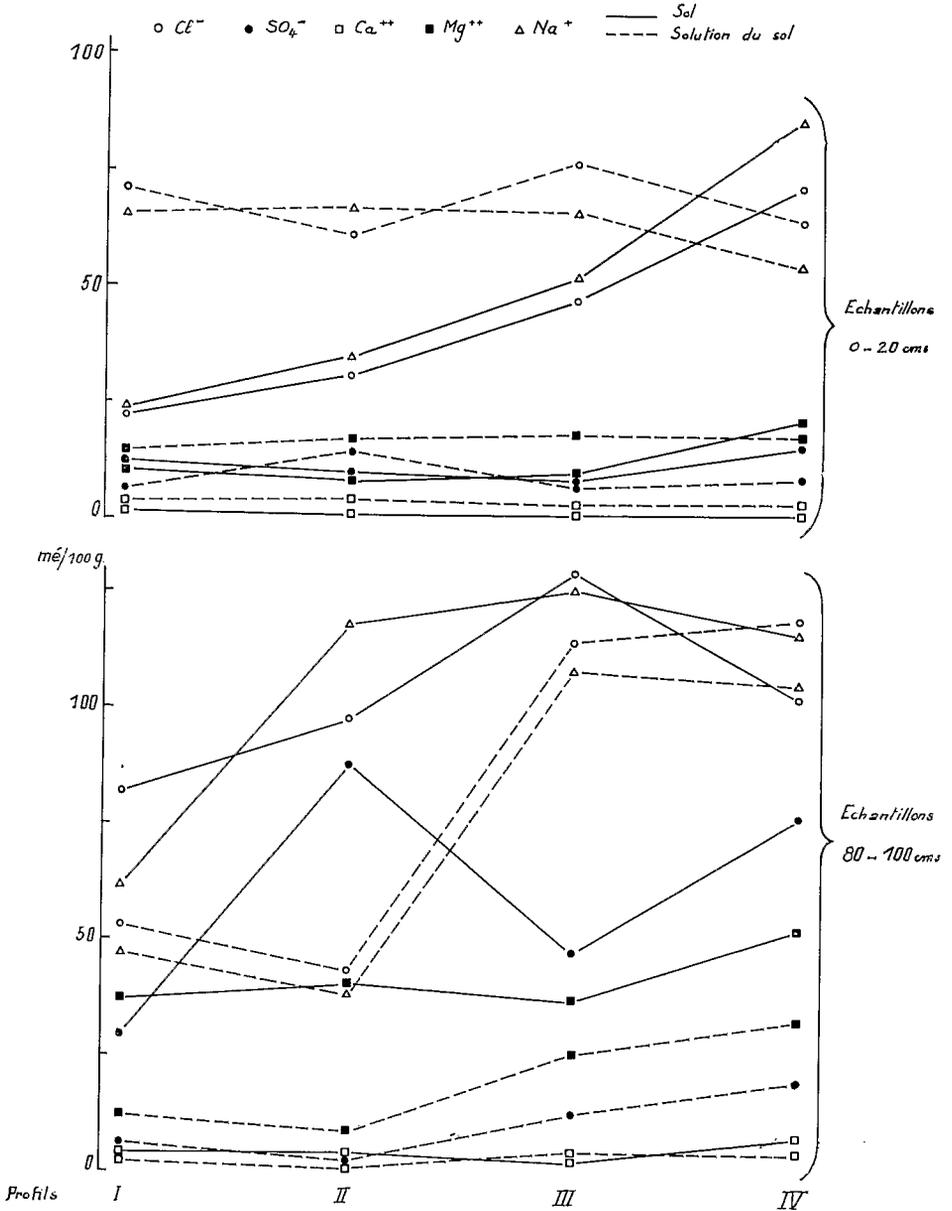


FIGURE XIII. — Variation de la teneur en ions dans les 4 profils

sur l'extrait au 1/10 et notés en milliéquivalents pour 100 g. Les résultats d'analyse des solutions extraites à la presse (dosés en $\text{m}\acute{\text{e}}/\text{litre}$) ont été ramenés en $\text{m}\acute{\text{e}}$ pour 100 g en tenant compte de la teneur en eau de l'échantillon frais.

En confrontant ces données partielles on peut remarquer que le sol s'enrichit en ions sulfates par rapport à la solution (eau interstitielle), particulièrement dans les horizons profonds. Pour les chlorures par contre, si dans les horizons de profondeur le sol est plus riche que la solution, il n'en est pas de même en surface, dans les mangroves ; les différences s'estompent dans les tannes.

Le sodium semble se comporter comme les chlorures, le magnésium accompagne l'ion sulfate (figure XIII).

Si l'on calcule les rapports des cations et des anions entre eux on constate par exemple que le rapport Cl/SO_4 , qui est voisin de 10 dans l'eau de mer, est compris entre 11 et 22 en surface, entre 8 et 20 en profondeur pour ce qui est des mangroves, ce qui peut être considéré comme un indice de la réduction des sulfates.

Par contre, dans les tannes ce rapport s'établit entre 4 et 5 en surface et entre 5 et 8 en profondeur. Les raisons de ce renversement peuvent être d'une part l'oxydation des sulfures, d'autre part un certain lessivage préférentiel des chlorures, bien que la remontée capillaire provoque une concentration de l'ensemble des sels.

Pour le rapport Mg/Ca , on observe pareillement un renversement en passant des mangroves aux tannes. Dans les mangroves, il est un peu inférieur à sa valeur dans l'eau de mer, mais dans les tannes, il augmente beaucoup, montrant une accumulation du magnésium, accumulation relativement plus forte que celle du sodium, qui est moins bien fixé.

CONCLUSIONS : CLASSIFICATION DES SOLS.

Nous sommes donc bien en présence de la formation actuelle de sols et d'une évolution relativement rapide qui conduit, quand on doit en faire la cartographie, à faire se côtoyer sur une carte des types de sols classés dans des groupes, voire des classes différentes, bien que la roche-mère soit identique et la tendance pédogénétique unique.

Comment en effet classer les divers profils examinés le long de la chaîne de sols au sens large, depuis le dépôt dit de « slikke » jusqu'aux rizières douces des vallées, en s'inspirant de la classification habituelle (AUBERT, 1965).

On peut considérer que le matériau originel du sol est complètement et définitivement en place lorsque la végétation s'installe. A ce moment, l'exhaussement postérieur sera faible, par contre on observera un enrichissement en même temps qu'une redistribution de la matière organique, ainsi qu'une redistribution des sels par le tassement, la circulation des solutions. Les modifications du matériau l'emporteront sur les apports de matériaux neufs.

Ce n'est donc que sur les slikkes, les bancs de vases nues non colonisées par la mangrove que l'on pourra parler de **sols minéraux bruts d'apport marin**, ou mieux **fluvio-marin**.

Lorsque l'Avicennia est le premier occupant, l'enrichissement en matière organique de l'horizon de surface est faible et les modifications physiques peu importantes. Cependant, quelques caractères chimiques sont modifiés par rapport à la vase nue. Il est permis alors de parler de **sols peu évolués d'apport**, sous groupe **hydromorphe**.

Sous Rhizophora par contre, l'enrichissement en matière organique est plus intense ; il se développe un horizon supérieur fibreux, assez poreux et perméable, tandis qu'en profondeur le sol devient mou et fluide. L'ensemble du profil est salé, mais la redistribution des sels est accompagnée d'une modification des rapports des cations et des anions entre eux. Les caractères hydromorphes sont cependant toujours prépondérants et l'on peut qualifier ce sol de **sol hydromorphe, moyennement organique, groupe humique à gley, salé** (« thionic gleysol » dans la classification FAO, 1968).

Dans la mangrove interne à Avicennia, succédant au Rhizophora, les battements de la nappe sont de plus grande amplitude et il y a des périodes de plusieurs jours pendant lesquelles la marée ne recouvre plus les sols. Ces derniers se tassent et se déshydratent dans l'horizon supérieur ; parallèlement, une partie de la matière organique disparaît et la salinité augmente. La partie supérieure du profil subit donc un début de maturation et la structuration commence, tandis qu'en profondeur l'horizon fluide se conserve et devient plus caractéristique d'un gley, tandis que quelques taches de pseudo-gley apparaissent dans l'horizon supérieur, en particulier le long des racines.

Ce sol est encore un **sol hydromorphe humique à gley**, mais il est nettement moins fibreux que le précédent qui pourrait peut-être se ranger dans la première sous-classe des sols hydromorphes, en abaissant un peu la limite inférieure du taux de matière organique. En effet, dans les sols sous Rhizophora la teneur en matière organique est voisine de 20 % dans les horizons profonds, mais peut dépasser 50 % dans les 30 à 40 cm supérieurs.

Schéma pédogénétique et évolutif

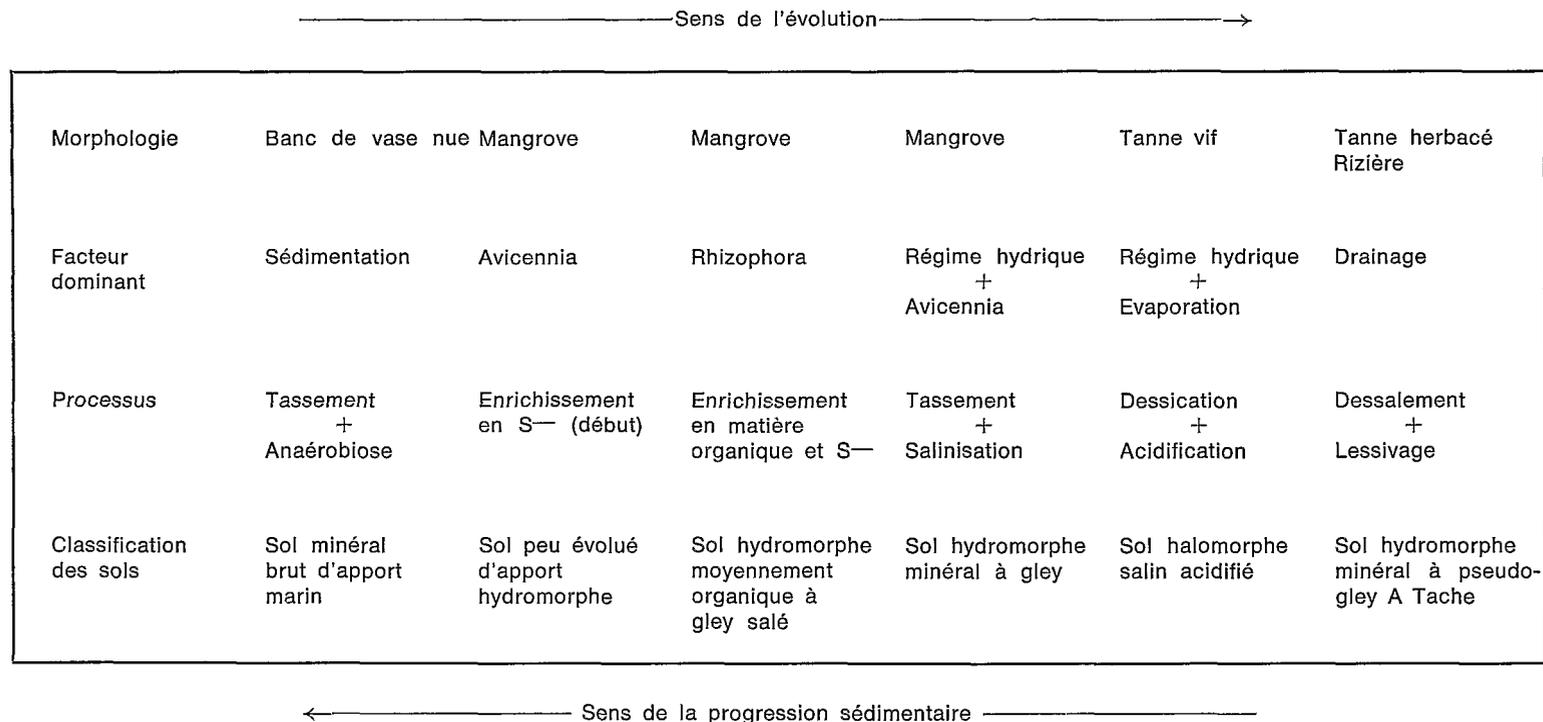


FIGURE XIV

Dès que la salure est trop forte pour que les *Avicennias* survivent, on passe à un véritable sol salé, dans un domaine où l'alternance annuelle de dessiccation et d'engorgement succède à la submersion fréquente par les marées. Les battements de la nappe, le régime hydrique, sont responsables des modifications profondes que l'on observe dans le sol.

Le profil est plus nettement différencié, gley et pseudo-gley sont bien caractérisés et il s'agit encore d'un sol à caractère hydromorphe, mais le dessèchement provoque un enrichissement important en sels en surface et l'apparition d'efflorescences salines et d'une structure poudreuse caractéristiques. Parallèlement, les phénomènes d'oxydation provoquent une acidification importante.

Ce sol est donc à classer dans les sols halomorphes (ou sodiques salins), sous groupe **salin acidifié** « takyric solontchak » dans la classification FAO, 1968).

Le terme provisoire de l'évolution, au milieu du tanne, est un sol un peu différent du précédent, le marais à *Eléocharis* est en effet moins salé, au moins légèrement dessalé en surface. La structure de l'horizon supérieur se développe plus nettement, l'horizon de surface poudreux a tendance à disparaître. Le sol serait alors **intermédiaire avec les sols salins à horizon superficiel friable**.

Quand le tanne est en bordure des sols des plateaux du Continental Terminal, par exemple le long des vallées transformées partiellement en rizières, les apports d'eau douce sont plus réguliers, la saison des pluies se continuant par l'écoulement de la nappe douce des plateaux ; le dessalement est plus intense, l'acidification disparaît, au moins dans l'horizon supérieur ; la végétation d'*Eléocharis* est remplacée par une prairie à *Paspalum vaginatum*, puis à *Schizachirium* dans les zones où la nappe ne dépasse pas la surface du sol en hivernage.

Le sol peut alors être classé **hydromorphe minéral à pseudo-gley**, comme le sol des lunettes (VIEILLEFON, 1967) qui est à rapprocher de ce dernier type.

Dessiccation et oxydation accentuent alors les ségrégations ferrugineuses, en particulier autour des anciennes racines de palétuviers.

En résumé, tout au long de la séquence de sols qui conduit, à partir de la même roche-mère alluviale, des vases nues couvertes d'eau aux tannes dénudés puis aux prairies marécageuses douces et aux rizières, on observe un balancement des influences tantôt dominantes, tantôt secondaires, de l'hydromorphie et de l'halomorphie (figure XIV).

Ces balancements dans l'évolution pédogénétique se reflètent dans la répartition relative des sols hydromorphes et des sols salés quand on passe de la zone d'estuaire aux vallées qui incisent les plateaux de Basse-Casamance. De la zone littorale aux sols hydromorphes à végétation dense de palétuviers, on passe à une région où les tannes s'étendent et où les sols salés prédominent, puis vers l'amont à des sols hydromorphes à pseudo-gley favorables à la riziculture.

La différenciation morphologique des profils autant que les changements profonds des caractéristiques physiques et chimiques des sols, permettent de suivre les différentes étapes de cette évolution. Aussi intense que soit cette dernière, elle ne parvient pas cependant à effacer complètement les traces de l'origine de ces sols, grâce à la conservation de quelques racines de palétuviers fossilisés par des dépôts et des épigénies de sels et d'oxydes de fer.

Reçu pour publication le 10 avril 1969.

Bibliographie

- ASSEMIEN P. (1967) In MICHEL P. (1967). — Les dépôts du quaternaire récent dans la basse vallée du Sénégal. Bull. IFAN XXIX-A no 2, pp. 853-860.
- AUBERT G. (1965). — La classification pédologique utilisée en France. Pédologie symp. intern. 3, Class. des Sols, pp. 25-36.
- AUBERT G., BOULAIN J. (1967). — La pédologie « Que sais-je ? » no 352.
- BERNER R.A. (1964). — Iron sulfides formed from aqueous solution at low temperatures and atmospheric pressure. Jour of Geology 73-3, pp. 293-306.
- BRIGAUD F. (1965). — Le climat dans Etudes Sénégalaises no 9, C.R.D.S.

- CHAUVEL A., MONNIER G. (1967). — Sur la signification générale de l'analyse granulométrique en pédologie ; examen des problèmes posés par la caractérisation de la texture de certains sols tropicaux. C.R. Acad. Sciences, t. 264, pp. 1969-1972.
- CLARK J.-S., GOBIN C.A., SPROUT P.-N. (1961). — Yellow mottles in some poorly drained soils of the Lower Fraser valley, British Columbia. Canad. Jour. of Soil Science vol. 41, pp. 218-225.
- DEBYSER J. (1961). — Contribution à l'étude géochimique des vases marines. Thèse Paris I.F.P.
- DUDAL R. (1968). — Definitions of soil units for the soil map of the world. F.A.O. - UNESCO no 33.
- FAUCK R. (1968). — Contribution à l'étude de la morphologie et de la classification des sols ferugineux tropicaux. Réunion de Pédologie ORSTOM- Bondy.
- FAURE H., ELOUARD P. (1967). — Schéma des variations du niveau de l'Océan Atlantique sur la côte Ouest de l'Afrique depuis 40.000 ans. C.R. Acad des Sciences Paris, t. 265, pp. 784-787.
- GUILCHER A. (1954). — Etude de l'envasement du Rio Kapatchez.
- GUILCHER A. (1959). — Origine et dépôt de la vase marine peu profonde. L'Information Géographique, t. 231, pp. 17-22.
- HERVIEU J. (1966). — Principales caractéristiques des sédiments vaseux de l'Ouest de Madagascar. C.R. Acad. des Sciences Paris, t. 263, pp. 568-1571.
- MICHEL P. (1960). — Etudes géomorphologiques en Casamance et en Gambie Méridionale. B.R.G.M., Dakar.
- MICHEL P. (1968). — Morphogénèse et pédogénèse. Sols Africains, t. 13-2, pp. 171-194.
- MILLOT G. (1964). — Géologie des argiles. Masson, Paris.
- MOORMANN F.-R. (1963). — Acid sulfate soils of the tropics. Soil Sc. t. 95-2, pp. 271-275.
- TOMLINSON T.-E. (1957). — Relation ship between mangrove végétation, soil texture and reaction of surface soil after empoldering saline swamps in Sierra-Léone. Trop Agric., t. 34, no 1, pp. 41-50.
- VAN BEERS W.F.J. (1962). — Acide sulphate soils. Wageningen.
- VIEILLEFON J. (1967). — Sur l'existence de bourrelets éoliens ou « lunettes » dans les mangroves de Casamance. Comm. VI^e Congr. Panafr. Préhist. Dakar.
- VIEILLEFON J. (1968). — Etude des variations du pH et du rH dans les sols de mangroves de Basse-Casamance. Comm. VI^e Conf. West. Afric. Sc. Assoc., Abidjan.
- WATTS J.-C.D. (1960). — Sea-water as the primary source of sulphate in tidal swamp soils from Sierra-Léone. Nature-Londres, t. 186, pp. 308-309.

PEDOGENESIS IN MANGROVE SWAMPS SOILS

SUMMARY

The soils developed on recent tidal deposits reflect their origin.

The dynamic aspect of sedimentation induces changes in the biologic complex, establishing progressively a catena where time is the main factor, a « chronocatena ».

Along this catena, the influences of hydromorphy and halomorphy are alternative, and the sulphur cycle is very important.

Extrait de « Science du Sol » (2^e semestre 1989)
supplément au « Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Sol »